



Virksomhedsorienteret helhedsvurdering af energibesparelser i industrien

Schleisner, Liselotte; Draborg, S.; Hvid, J.; Buhl Pedersen, P.; Andersen, T.I.

Publication date:
1995

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Schleisner, L., Draborg, S., Hvid, J., Buhl Pedersen, P., & Andersen, T. I. (1995). *Virksomhedsorienteret helhedsvurdering af energibesparelser i industrien*. Denmark. Forskningscenter Risoe. Risoe-R No. 832(DA)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Virksomhedsorienteret helhedsvurdering af energibesparelser i industrien

**Lotte Schleisner, Søren Draborg*, Jørgen Hvid*,
Preben Buhl Pedersen*, Therese Ib Andersen**

*** Dansk Energi Analyse A/S, Vanløse**

Abstract Formålet med nærværende rapport har været at udvikle en metode, der kan benyttes til at foretage en vurdering af energibesparende foranstaltninger i industrien. Projektet er udført som et samarbejde mellem Forskningscenter Risø og Dansk Energi Analyse a/s.

Den udviklede metode kan benyttes til at vurdere de effekter indførelsen af en energibesparende foranstaltning vil have med hensyn til energi og ydre miljø samt arbejdsmiljø og økonomi. Metoden er opbygget som en differensmodel, således at det er forskel i energiforbrug o.lign. der opgøres for en referenceteknologi samt den energibesparende foranstaltning.

Den i projektet udviklede metode er afprøvet på en konkret virksomhed, der stod i en situation, hvor der skulle vælges mellem to teknologiske løsninger.

Rapporten er den afsluttende rapport i forbindelse med projektet "Udvikling af metode til livsforløbsanalyser af energibesparelser i industrien" finansieret af Energistyrelsen under EFP-94 (j.nr. 1753/94-0003).

ISBN 87-550-2086-0

ISSN 0106-2840

Forside illustration: Egen figur

Grafisk Service, Risø, 1995

Sammenfatning

Problemstilling

Der er indenfor de senere år sat en række aktiviteter i gang for at fremme energibesparelser, bl.a. i industrien. Erfaringerne har imidlertid vist, at en meget stor del af de besparelsesforslag, som er udarbejdet for industrivirksomhederne af rådgivere mv., aldrig er blevet realiseret. Dette skyldes, at energibesparende metoder og teknologier ofte indgår i et komplekst samspil med produktionsprocesserne, hvilket bevirker, at konsekvenserne kan være vanskelige at opgøre.

Et middel til at sikre, at kravet om ressourceeffektivitet - herunder energieffektivitet - i højere grad slår igennem i teknologiudviklingen og i det konkrete teknologivalg, kan være at *udvikle og fremme procedurer til en systematisk og helhedsorienteret vurdering af teknologierne* med udgangspunkt i de prioriteringer, som på forhånd er fastlagt. En systematisk og helhedsorienteret vurdering af energibesparelser kan bidrage væsentligt til, at det er muligt at målrette indsatsen mod de virkemidler og aktiviteter, som kan udføres for færrest mulige omkostninger.

Projektmål

Fornålet med dette projekt har været at udvikle en metode til at foretage en bred vurdering af konsekvenserne af at benytte energibesparende teknologi. Metoden skal give anvisninger på, hvilke forhold af betydning for virksomheden, som især bør vurderes, og hvordan konsekvenserne analyseres og opgøres. Metoden bygger på en sammenligning af to teknologier og beregner konsekvenserne ved at overgå fra den ene teknologi til den anden.

Målgruppen for metoden er først og fremmest virksomhederne selv forstået på den måde, at det er hensigten, at en virksomhed selv langt hen ad vejen skal kunne gennemføre vurderingen. Det er derfor også meningen, at virksomheden selv prioriterer problemområderne i den endelige stillingtagen.

Opbygning af metode

Der er i projektet valgt at opbygge metoden i to faser. I første fase foretager virksomheden en overordnet vurdering (screening) af alle tænkelige konsekvenser af at indføre den aktuelle energibesparende teknologi. Ud fra den overordnede vurdering udpeges konsekvenser, som enten har vist sig at have en væsentlig indflydelse, eller som det ikke har været muligt at skaffe viden nok om ud fra en overordnet betragtning.

I anden fase analyseres de udpegede konsekvenser nærmere ved hjælp af en detaljeret analysemetode, der er bygget op over livsforløbs-princippet for derved at få alle tænkelige aspekter med.

Metoden omfatter konsekvensområderne energi, ydre miljø, arbejdsmiljø og økonomi.

Afgrænsning

Metoden er afgrænset på en række punkter for at gøre metoden overskuelig og af et praktisk anvendeligt omfang.

Energiforbruget er det konsekvensområde, der er mest omfangsrigt, idet alle energiforbrug i livsforløbet af den energibesparende teknologi opgøres detaljeret med angivelse af energikilder, konverteringsteknologier m.v.

Ydre miljø omfatter alle væsentlige miljøforhold på den aktuelle virksomhed, mens alle miljøforhold i øvrige faser af den energibesparende teknologi er begrænset til de miljøpåvirkninger, der skyldes anvendelse af energi.

Arbejdsmiljø er afgrænset til kun at omhandle de på virksomheden aktuelle potentielle arbejdsmiljøbelastninger.

Endelig er der kun tale om at analysere de virksomhedsøkonomiske forhold for den aktuelle virksomhed. Økonomianalysen omfatter både direkte og indirekte økonomiske konsekvenser af at indføre den energibesparende foranstaltning.

Der er således tale om en fokusering på de direkte virksomhedsrelaterede forhold, dog med undtagelse af energianvendelse, som analyseres i hele den energibesparende teknologis livsforløb.

Anvendelse af metoden

Som en del af projektet er der udført en undersøgelse af potentialet for energibesparelser i den danske industri. For at være i stand til at udvælge et eksempel, der kan have generel interesse i industrien, til afprøvning af den udviklede metode, er der foretaget en opdeling af energibesparelspotentialer på brancheniveau og på slutanvendelsesområder. Endvidere er det forsøgt at klarlægge de barrierer, der er for indførelse af nye energibesparende teknologier.

Det er ved udvælgelsen af en case til afprøvning af den udviklede livsforløbsmetode valgt at bruge en case fra den grafiske branche, der er interessant for dette projekt af flere årsager. Branchen har ikke tradition for at fokusere på energiforbruget, og det må derfor forventes, at der kan realiseres betydelige energibesparelser, der også i virksomhedsøkonomisk sammenhæng vil være interessante. Desuden har den grafiske branche et betydeligt forbrug af opløsningsmidler, der giver en effekt på såvel det ydre miljø som arbejdsmiljøet. Den grafiske branche giver derfor mulighed for at undersøge sammenhængen mellem energimæssige, miljømæssige og økonomiske aspekter i livsforløbssammenhæng.

Til demonstration af metoden er der taget udgangspunkt i et virkeligt eksempel, hvor en grafisk virksomhed står overfor at skulle vælge mellem et traditionelt ventilationssystem og et mere energieffektivt, men dyrere system.

På baggrund af fase 1 af metoden kunne det konkluderes, at virksomheden prioriterede økonomien højest. Da den simple tilbagebetalingstid langt overstiger virksomhedens krav til maksimal tilbagebetalingstid, var det derfor vigtigt i anden fase at få undersøgt om de sekundære økonomiske effekter (af f.eks. reduceret sygefravær) eller de arbejdsmiljø-, ydre miljø- eller energimæssige konsekvenser ved en nærmere analyse kunne vise sig at berettige indførelsen af den energibesparende teknologi.

Ved den nærmere analyse - metodens fase 2 - af de indirekte økonomiske konsekvenser i eksemplet, blev der tilføjet yderligere øgede udgifter ved valg af den energibesparende teknologi som følge af reduceret flexibilitet og øget vedligehold. Desuden blev der fundet yderligere fordele ved det energibesparende alternativ i forhold til det termiske arbejdsmiljø.

Med hensyn til det ydre miljø forekom der en stor reduktion af de energirelaterede emissioner. CO₂ - emissionerne nedsættes således 62% ved indførelse af den energibesparende foranstaltning.

Der blev ikke fundet yderligere betydende forhold ved livsforløbsanalysen i fase 2, som kunne bidrage til den samlede vurdering.

Konklusion på baggrund af eksemplet

Eksemplet har vist et forløb, hvor beslutningsgrundlaget vedrørende indførelse af en energibesparende foranstaltning er blevet uddybet gennem først en indledende teknologivurdering og dernæst en detaljeret analyse af specifikke punkter. Det udvidede beslutningsgrundlag gav i dette tilfælde ikke anledning til en ændring af beslutningen.

Argumenterne for *ikke* at indføre den energibesparende foranstaltning blev tværtimod flere set fra et økonomisk synspunkt. Eksemplet blev altså ikke i dette tilfælde en bekræftelse på, at et bredere beslutningsgrundlag kan give anledning til en mere positiv vægtning af et energibesparende alternativ.

Beslutningsgrundlaget bliver ved brug af metoden bredere *både* til den positive *og* den negative side set i forhold til det energibesparende alternativ. Det er således ikke sikkert, at vurderingsmetoden sammenlagt giver anledning til indførelse af flere energibesparende foranstaltninger, end hvis den ikke bliver brugt. Nogle flere eksempler vil kunne belyse dette nærmere. Det har imidlertid ikke været muligt indenfor projektets tidsramme at gennemføre flere eksempler, som evt. kunne give en bredere illustration af metodens fordele og ulemper.

Konklusion og anbefalinger for projektet

Den i projektet udviklede metode har med fordel vist sig at kunne benyttes af en industrivirksomhed til at vurdere konsekvenserne, når det overvejes at indføre en energibesparende foranstaltning i forhold til den eksisterende teknologi. Metoden kan sandsynligvis også benyttes ved udvikling af nye energibesparende produkter til en vurdering af de energi- og miljørelaterede konsekvenser ved produktet.

Projektet har afdækket en ny måde at vurdere energibesparende foranstaltninger på, nemlig at kombinere en helheds- og virksomhedsorienteret teknologivurdering af implementering og drift af en energibesparende foranstaltning med en livsforløbs-energi-vurdering. Der er i projektet taget hul på udvikling af en metode som giver den energi- og miljøinteresserede virksomhed et langt bredere beslutningsgrundlag end det, som har været normalt at bruge hidtil, når det gælder beslutninger om energibesparende foranstaltninger. Det kræver dog mere udvikling og afprøvning før metoden kan siges at være operationel til almindeligt brug.

Metoden er opbygget over en regnearksmodel, men er inden for indeværende projekt kun præsenteret på skemaform. Det vil imidlertid være oplagt at udbygge metoden senere, således at den af virksomheden direkte kan anvendes ved indtastning af indata i en PC-baseret regnearksmodel, der herefter beregner konsekvenserne med hensyn til energi, miljø, økonomi og arbejdsmiljø, eller eventuelt kun en delmængde af parametrene.

Indholdsfortegnelse

Forord	11
 DEL 1 METODISK OPBYGNING OG AFGRÆNSNING	
 1. Problemstilling og målsætning	15
1.1 Baggrund for projektet	15
1.2 Projektets indhold	17
1.3 Målgruppe for projektet	17
2. Energieffektivisering og teknologivalg	19
2.1 Energiforbrugets relative betydning i industrien	22
2.2 Virksomhedsorienterede helhedsvurderinger	22
3. Energibesparelser i industrien	23
3.1 Undersøgelse af industriens energiforbrug	23
3.2 Energibesparelsesmuligheder i industrien	25
3.3 Barrierer for indførelse af energibesparelser i industrien	25
4. Metodisk opbygning	27
4.1 Indledende overvejelser ved indførelse af energibesparende foranstaltninger	27
4.2 Konsekvensvurdering	27
4.3 Indledende teknologivurdering	28
4.4 Livsforløbsanalyse	29
4.5 Vurderingens omfang	31
5. Afgrænsning af metoden	32
5.1 Afgrænsning i forhold til livsforløb	32
5.2 Afgrænsning i forhold til energi	35
5.2.1 Energiindhold i energikilder	35
5.2.2 Energiindhold i materialer	37
5.3 Afgrænsning i forhold til ydre miljø	38
5.3.1 Energirelaterede emissioner	39
5.3.2 Affald	40
5.3.3 Spildevand	40
5.3.4 Støj	40
5.3.5 Lugt	41
5.3.6 Luftemissioner	41
5.4 Afgrænsning i forhold til arbejdsmiljø	41
5.4.1 Arbejdsmiljøbelastninger	42
5.5 Afgrænsning i forhold til økonomi	43
5.5.1 Direkte omkostninger	45
5.5.2 Variable driftsomkostninger	45
5.5.3 Produktionstekniske omkostninger	45

6. Processer i livsforløbet	47
6.1 Gennemgang af processer i forhold til energi- og miljøopgørelse	47
6.2 Gennemgang af processer i forhold til økonomiopgørelse	48
7. Referencer	51

DEL 2 TEKNOLOGIVURDERING OG LIVSFORLØBSANALYSE

1. Den indledende teknologivurdering	55
1.1 Formål med den indledende teknologivurdering	55
1.2 Vejledning i benyttelse af den indledende teknologivurdering	55
1.2.1 Systembeskrivelse	56
1.2.2 Direkte økonomiske konsekvenser	57
1.2.3 Systembetragtninger ved sammenligning af referencesystem og energibesparelssystemet	58
1.2.4 Vejledning i benyttelse af skema 1	58
1.3 Skema for den indledende teknologivurdering	59
1.3.1 Betydning af punkterne i skemaet	61
1.4 Vejledning i vurdering af den indledende teknologivurderings resultat	64
2. Livsforløbsanalyse	66
2.1 Formål med livsforløbsanalysen	66
2.2 Metodisk opbygning og generelle forudsætninger	66
2.2.1 Principperne i opbygningen og anvendelsen af beregningsskemaerne	66
2.2.2 Generelle forudsætninger for anvendelsen af livsforløbsanalysen	67
2.3 Vejledning i benyttelse af metode for energiopgørelse	68
2.3.1 Energiforbrug ved fremstillingsfasen	69
2.3.2 Energiforbrug ved driftsfasen	70
2.3.3 Energiforbrug ved bortskaffelsesfasen	71
2.4 Vejledning i benyttelse af metode for miljøopgørelse	72
2.4.1 Emissioner ved fremstillingsfasen	73
2.4.2 Emissioner ved driftsfasen	74
2.4.3 Emissioner ved bortskaffelsesfasen	78
2.5 Skema for energi- og emissionsopgørelse	79
2.5.1 Forskelle i virksomhedens materialeforbrug og vandforbrug	79
2.5.2 Tilbygning	81
2.5.3 Forskelle i virksomhedens eget energiforbrug	81
2.5.4 Forskelle i virksomhedens affaldsmængder	83
2.5.5 Endelig opgørelse af energiforbrug og emissioner, ressourceforbrug og fast affald	85
2.5.6 Støj	87
2.5.7 Lugt	88
2.5.8 Luftemissioner (de ikke-energi-relaterede)	88
2.6 Vejledning i benyttelse af metode for arbejdsmiljøopgørelse	88
2.6.1 Arbejdsmiljøvurderingen	89

2.6.2 Arbejdsmiljøvurderingen og muligheder for forebyggelse af arbejdsmiljøproblemer	89
2.6.3 Gennemgang af påvirkningerne af arbejdsmiljøet	90
2.7 Skema for arbejdsmiljøopgørelse	93
2.8 Vejledning i benyttelse af metode for økonomiopgørelse	94
2.8.1 Generelt om priser	95
2.8.2 Omkostninger ved installationsfasen	95
2.8.3 Omkostninger ved driftsfasen	96
2.8.4 Omkostninger ved bortskaffelsesfasen	99
2.8.5 Produktionstekniske omkostninger	100
2.9 Skema for økonomiopgørelse	102
2.10 Opsummeringsskemaer for livsforløbsanalysen	109
3. Referencer	110

DEL 3 DEMONSTRATION AF METODE

1. Udvalgelse af eksempel	113
1.1 Energibesparelspotentiale i industrien på brancheniveau	113
1.2 Energibesparelspotentiale på forskellige slutanvendelsesområder	114
1.3 Udvalgelse af case i den grafiske industri	115
2. Beskrivelse af case	117
2.1 Beskrivelse af den energibesparende foranstaltning og referencesystemet	117
2.1.1 Det eksisterende ventilationsprincip	117
2.1.2 Det alternative ventilationsprincip - Coanda-ventilation	119
2.1.3 Relationerne mellem referenceanlægget, det alternative anlæg samt omgivelserne	119
2.2 Virksomhedens overvejelser i forbindelse med indførelse af den energibesparende foranstaltning	123
3. Indledende teknologivurdering - vurdering af case	125
3.1 Udfyldelse af skema	125
3.1.1 Systembeskrivelse	125
3.1.2 Direkte økonomiske konsekvenser	126
3.2 Skema for den indledende teknologivurdering	127
3.3 Resultat af skema	129
4. Livsforløbsanalyse af case	130
4.1 Udfyldelse af skema for energi- og miljøopgørelse	131
4.1.1 Forskelle i virksomhedens materialeforbrug og vandforbrug	131
4.1.2 Forskelle i virksomhedens eget energiforbrug	133
4.1.3 Endelig opgørelse af energiforbrug og emissioner, ressourceforbrug og fast affald	134
4.2 Udfyldelse af skema for arbejdsmiljøopgørelse	136
4.3 Udfyldelse af skema for økonomiopgørelse	137
4.4 Udfyldelse af opsummeringsskema	142
4.5 Resultat af helhedsorienteret vurdering af Coanda-ventilation på virksomheden	142
5. Referencer	145

DEL 4 DATAGRUNDLAG

1. Energioppgørelse	149
1.1 Energikilder	149
1.1.1 Tilvejebringelsen af energikilder	149
1.1.2 Kul	150
1.1.3 Olie	151
1.1.4 Naturgas	152
1.1.5 Elektricitet	152
1.1.6 Fjernvarme	154
1.1.7 Primærenergiindholdet i energikilder	154
1.2 Materialer	155
1.2.1 Forudsætninger	156
1.2.2 Stål	157
1.2.3 Støbejern	159
1.2.4 Aluminium	160
1.2.5 Kobber	162
1.2.6 Bly og zink	164
1.2.7 Plast	165
1.2.8 Gummi	168
1.2.9 Glas	170
1.2.10 Træ	171
1.2.11 Mineraluld	173
1.2.12 Bygninger	175
1.3 Samlet energioppgørelse for materialer	176
2. Miljøoppgørelse	178
2.1 Energirelaterede luftemissioner ved materialefremskaffelse	178
2.1.1 Energirelaterede luftemissioner ved materialefremstilling	178
2.1.2 Energirelaterede luftemissioner ved materialeforarbejdning	178
2.1.3 Energirelaterede luftemissioner ved materialetransport	179
2.1.4 Energirelaterede luftemissioner ved fremskaffelse af 1 kg materiale	179
2.2 Energirelaterede luftemissioner ved materialebortskaffelse	180
2.2.1 Energirelaterede luftemissioner ved materialetransport	180
2.2.2 Energirelaterede luftemissioner ved materialeforbrænding	180
3. Referencer	182

Forord

Nærværende projekt har derfor til formål at udvikle en systematisk og overskuelig metode til at foretage helhedsvurderinger på energibesparende tiltag i industrien. Projektet er sat igang under energiforskningsprogrammet, EFP-94, finansieret af Energistyrelsen. Det har fra Energistyrelsens side været ønsket, at metoden belyses ved at afprøve den udviklede metode for et energibesparelestiltag, der kan have generel interesse for industrien. Der er derfor i projektet foretaget en overordnet gennemgang af industriens energiforbrug og en vurdering på branche og end-use niveau for energibesparelsesmuligheder i industrien. På basis af dette er der udvalgt et energibesparelestiltag indenfor ventilationsområdet, idet ventilation er af generel interesse for alle brancher indenfor industrien. Dette energibesparelestiltag er gennemgået ved hjælp af den udviklede metode.

Projektarbejdet er udført i et samarbejde mellem Afdelingen for Systemanalyse på forskningscenter Risø og Dansk Energi Analyse A/S. Arbejdet er udført af en projektgruppe bestående af følgende personer:

Therese Ib Andersen, Risø (studerterhjælp)
Lotte Schleisner, Risø (projektleder)
Søren Draborg, Dansk Energi Analyse
Jørgen Hvid, Dansk Energi Analyse
Preben Buhl Pedersen, Dansk Energi Analyse

Rapporten er delt op i 4 dele.

Del 1, Metodisk opbygning og afgrænsning, indeholder en overordnet beskrivelse af metodens opbygning og afgrænsning af metoden, samt en forståelsesmodel for projektets centrale elementer: Energi, miljø, arbejdsmiljø og økonomi. Derudover behandles potentialet for energibesparelser i industrien, hvorunder der påpeges umiddelbare teknologiske muligheder for benyttelse af metoden.

Del 2, Indledende teknologivurdering og egentlig livsforløbsanalyse, indeholder en detaljeret beskrivelse af metodens to faser samt de tilhørende skemaer og en vejledning i, hvorledes metoden benyttes.

I del 3, Demonstration af metoden, belyses metodens virkemåde ved brug af et konkret eksempel. Det udvalgte energibesparelestiltag og referencesituationen beskrives, og metoden demonstreres herefter med det beskrevne eksempel.

Del 4, Datagrundlag, indeholder data for de parametre, der er indarbejdet i selve metoden. Dette gælder her data for energiforbrug og emissionsopgørelser.

Del 1

Metodisk opbygning og afgrænsning

1. Problemstilling og målsætning

1.1 Baggrund for projektet

I kølvandet på den voksende erkendelse af sammenhængene mellem energiforbrug og miljøpåvirkninger er der de seneste år sat en række aktiviteter igang fra samfundets side for at fremme energibesparelser.

Den indsats, der indtil nu har været for at fremme energibesparelser i industrien, har i store træk været baseret på en grundantagelse, om at industrien opererer rationelt på en sådan måde, at man ønsker at realisere rationaliserings- og effektiviseringsgevinster, når projekterne har en tilbagebetalingstid, som ligger under et givet defineret niveau. Hovedindsatsen har derfor gået på følgende:

- At skærpe opmærksomheden og kendskabet til energibesparelser gennem støtte til energirådgivning på virksomhederne.
- At skærpe incitamentet til energieffektivisering ved indførelse af en CO₂-afgift og ved at tilbageføre en del af provenuet som tilskud til energibesparelser.

Erfaringerne har imidlertid vist, at en meget stor del af de besparelsesforslag, som er udarbejdet for industrivirksomhederne af rådgivere mv., aldrig er blevet realiseret. En opgørelse over omkring 100 energisyn, gennemført i henhold til loven om tilskud til betaling af CO₂-afgiften, har vist, at kun ca. 25 % af det identificerede sparepotentiale var eller ventedes at blive realiseret.

Energirådgivere får idag mange argumenter fra virksomhederne for ikke at indføre energieffektiviseringer. Ofte forventes indførelse af energibesparelser fra virksomhedens side at have konsekvenser, som rækker langt ud over, hvad der fremgår af en simpel opgørelse over direkte afledte energibesparelser på den ene side og investeringsomkostninger på den anden side. Dette kan være driftsforstyrrelser, kvalitetsproblemer o.lign.

En række danske virksomheder står imidlertid samtidig overfor stadigt mere omfattende krav på miljøområdet fra omgivelserne, herunder leverandører, kunder, ansatte og ikke mindst myndighederne. Skønsmæssigt er 12-20.000 danske virksomheder omfattet af Miljøbeskyttelseslovens kapitel 5 som særligt forurenende virksomheder (ref.2). Disse virksomheder skal i henhold til lov om Miljøbeskyttelse ansøge om miljøgodkendelse inden år 2000, og fra 1996 skal en stor del af disse virksomheder udarbejde et grønt regnskab. I tilknytning til en miljøgodkendelse ligger en vurdering af mulighederne for anvendelse af renere teknologi i virksomheden. Ved renere teknologi forstås her enhver form for mere miljøvenlig produktion, herunder ændringer vedrørende råvarer, energiforbrug, vand og andre hjælpstoffer, produktionsudstyr og -processer, affaldsbortskaffelse eller selve produktet (ref.3). Under renere teknologi hører således også energieffektiviseringer og energibesparelser, der vil blive omtalt i det efterfølgende.

Sammenfattende kan det således konstateres, at der vil være behov for at udvikle og fremme procedurer til en systematisk vurdering af konsekvenserne ved at indføre renere teknologi på en virksomhed.

I den udstrækning en sådan metodisk vurdering af teknologier afløser en mere intuitiv metode baseret på holdningsprægede beslutninger, vil forhold, der tidligere har haft lav prioritet for virksomheden (som f.eks. driftsbesparelser og miljøhensyn), kunne komme til at spille en vis rolle ved valg af teknologier, og dermed også påvirke den teknologiske udvikling, som idag i ringe grad går i retning af brug af energibesparende udstyr.

Der er gennem årene udviklet en række metoder til rationel beslutningstagning - bl.a. kvalitetsstyringsværktøjer, miljøstyringsværktøjer m.v. Metoderne har trods deres oplagte styrker også nogle begrænsninger, især når det kommer til meget komplekse beslutninger eller beslutninger, som tillægges en mindre prioritering. I disse situationer kan en rationel metode være mangelfuld, enten fordi den ikke medtager alle væsentlige interesser, eller fordi den er for arbejdskrævende at benytte.

Et beslutningsværktøj til valg af energieffektiv teknologi skal være enkelt at benytte. Desuden skal det kunne håndtere alle de væsentlige interesser, som knytter sig til den pågældende valgsituation, således at de løsninger, som metoden peger på, afspejler virksomhedens egne prioriteringer. Når enkelhed og alsidighed søges kombineret, sker det nødvendigvis på bekostning af objektiviteten. Den udviklede metode er derfor overvejende en subjektiv metode, som har til formål at bringe de mest betydningsfulde forhold på bordet og gøre dem til genstand for en samlet vurdering. På enkelte områder, især på ressource- og emissionsområdet, er det søgt at skabe en større grad af detaljering, idet det må forventes at være relevant for virksomheden.

I en eventuel senere fase, hvor modellen tænkes udviklet til et edb-værktøj, vil det være muligt at integrere mere detaljerede metoder til vurdering af de øvrige elementer og således skabe mulighed for at mindske graden af subjektivitet.

Energibesparende foranstaltninger

En type renere teknologi er energibesparende foranstaltninger (EBF). Nærværende projekt vil specielt se på indførelsen af energibesparende foranstaltninger i industrien, og der vil derfor i det følgende blive givet en definition af en energibesparende foranstaltning.

EBF er en gruppe af teknologiske ændringer, som har det primære formål at reducere virksomhedens energiforbrug. Reduktionen kan foregå i de egentlige produktionsprocesser (smeltning, kogning, spåntagning m.v.), i produktionsudstyr/ hjælpeudstyr (trykluft, køleanlæg m.v.), i den interne energikonvertering (kedler eller kraftvarmeanlæg) eller komfortenergiforbruget (opvarmning, ventilation m.v.).

Energibesparende foranstaltninger kan opdeles i tre typer med forskellige karakteristika:

1. Tiltag uden egentlige ændringer eller nyindkøb af grej/ udstyr/ hardware. Dvs., at der er tale om rene adfældsændringer eller ændringer i form af simpel omprogrammering af eksisterende reguleringsudstyr/ software m.v. Denne gruppe er karakteriseret ved, at EBF kan indføres med det samme, og at den er investeringsfri, og derudover at der altid vil være mindst en driftsbesparelse og reduktion af miljøpåvirkningen fra energiforsyningen.
2. Ændringer i eksisterende grej/ udstyr/ hardware, dvs., ombygning med udskiftning af maskiner/ udstyr til mere energieffektive maskiner eller indføjelser af nye komponenter f.eks. stopventiler, frekvensomformere m.v. Gruppen er karakteriseret ved, udover egenskaberne fra gruppe 1, at EBF kræver en investering. EBF kan stadig i princippet udføres når som helst.
3. Ændringer i forbindelse med nyindkøb til udskiftning af udslidte komponenter eller egentligt nyt procesudstyr. Denne gruppe er karakteriseret ved, udover egenskaberne fra gruppe 2, at EBF først udføres på et senere tidspunkt, afhængig af andre forhold end energibesparelsen.

1.2 Projektets indhold

Det har med nærværende projekt været formålet at udvikle en metode, der kan anvendes af industriens virksomheder til at vurdere, hvilke konsekvenser indførelsen af en energibesparende foranstaltning vil have for virksomhedens produktionsforhold og ydre miljø samt arbejdsmiljø og i sidste ende økonomi. Metoden kan ligeledes benyttes ved udvikling af nye energibesparende produkter til en vurdering af de energi- og miljørelaterede konsekvenser ved produktet.

Konsekvensområderne, der vil blive behandlet, kan specificeres som følgende:

- Konsekvenser for virksomhedens energiforbrug og det indirekte energiforbrug i andre produktionsled på virksomheden, samt ved fremstilling og bortskaffelse af den energibesparende foranstaltning.
- Konsekvenser for det ydre miljø i forbindelse med virksomhedens produktion ved indførelse af den energibesparende foranstaltning samt de energirelaterede konsekvenser for det ydre miljø ved fremstilling og bortskaffelse af den energibesparende foranstaltning.
- Konsekvenser for virksomhedens arbejdsmiljø ved indførelse af den energibesparende foranstaltning.
- Konsekvenser for virksomhedens økonomi ved indførelse af den energibesparende foranstaltning.

Metoden vil specielt lægge vægt på de miljømæssige konsekvenser som følge af energiforbruget i alle faser af livsforløbet. Denne vægtning er foretaget ud fra den betragtning, at metoden specielt skal kunne benyttes af virksomheder, der af energi- eller miljømæssige årsager ønsker at indføre renere teknologi. Metoden kan da benyttes til vurdering af de miljø- og energirelaterede konsekvenser ved overgang til renere teknologi enten i forbindelse med miljøgodkendelse eller for virksomheder med miljøstyring eller miljøledelse. Omkostninger i forbindelse med miljømæssige tiltag skal opgives på virksomhedens grønne regnskab, og metoden behandler derfor også de økonomiske omkostninger ved indførelse af den energibesparende foranstaltning. De økonomiske opgørelser på basis af metoden må dog kun opfattes som vejledende. Arbejdsmiljø bliver behandlet på en mere overordnet måde i metoden, således at virksomheden bliver opmærksom på de arbejdsmiljømæssige konsekvenser, som indførelsen af en energibesparende foranstaltning kan have. En detaljeret metode for, hvorledes de arbejdsmiljømæssige forhold opgøres, vil ikke blive givet.

1.3 Målgruppe for projektet

Den udviklede metode er specielt rettet mod følgende to typer industrivirksomheder:

- Energibevidste virksomheder

Inden for industrien er der specielt gennem de seneste år sat fokus på energiforbruget, således at energitunge virksomheder iværksætter energiplaner med det formål at nedsætte energiforbruget. En dominerende parameter i denne udvikling er CO₂-afgiften, der pålægges energiforbruget. De energibevidste virksomheder kan i forbindelse med indførelse af energibesparende foranstaltninger have ønske om at få belyst øvrige følgevirkninger, specielt konsekvenser for produktionen iøvrigt.

- Miljøbevidste virksomheder

Mange virksomheder har idag ansat miljøkonsulenter, der skal sørge for, at den enkelte virksomheds produkter udvikles på en miljømæssig optimal måde. Sådanne virksomheder er interesserede i at profilere sig som miljøbevidste virksomheder, der sætter fokus på miljøet, og vil

derfor i mange tilfælde sørge for at være i stand til at reklamere med miljøbevidsthed. Miljøbevidste virksomheder, der vil indføre en energibesparende foranstaltning for at tilgodese miljøet, vil kunne benytte metoden til at dokumentere de miljømæssige konsekvenser ved indførelsen af EBF.

Ud over denne type virksomheder vil følgende grupper have interesse i et værktøj til vurdering af konsekvenserne ved indførelse af energibesparende foranstaltninger:

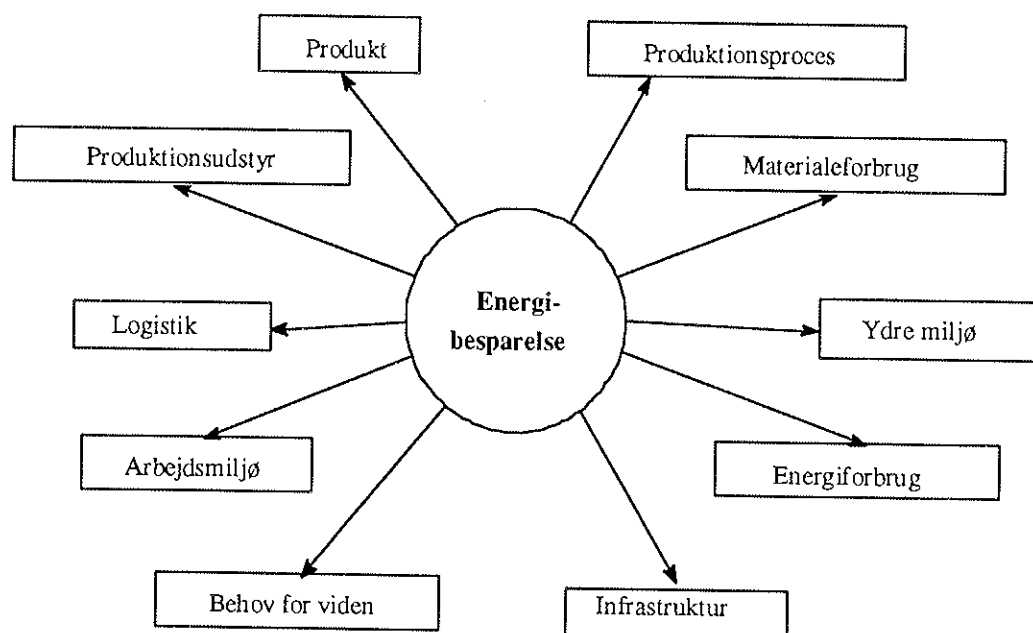
- Energispecialister/ energirådgivere, der kan benytte metoden til detailvurdering af energibesparende foranstaltninger i samarbejde med kunden.
- Leverandører af energiforbrugende/ -besparende udstyr, der kan have ønske om at kunne dokumentere energieffektiviteten af et udstyr på en standardiseret måde.
- Konstruktører (integreret produktudvikling), der ved produktudvikling kan benytte metoden til at vurdere, om en given ændring med en energimæssig konsekvens er fordelagtig eller ej.
- Produktudviklere, der vil benytte metoden til at vurdere, om en given ændring i et produkt medfører en ønsket miljømæssig forbedring eller ej.

2. Energieffektivisering og teknologivalg

Ordet "energibesparelse" anvendes i almindelighed bredt om tiltag, som primært har til formål at reducere energiforbruget i forbindelse med produktion, transmission eller udnyttelse af energi. I den normale snævre forståelse opfattes det som en investering i en teknologi, som resulterer i reducerede omkostninger til energi. Energibesparelser vurderes følgelig ofte på baggrund af en simpel tilbagebetalingstid, som udtrykker forholdet mellem på den ene side investeringen i den nye teknologi og på den anden side den årlige omkostningsbesparelse som følge af det mindskede energiforbrug.

I særdeleshed for energibesparelser i industrien er denne snævre forståelse af energibesparelser ikke tilstrækkelig. I industrien er energiforbruget i vid udstrækning uløseligt knyttet til produktionsprocesserne, og energiforbrugets størrelse er et resultat ikke alene af, i hvilken udstrækning man har implementeret egentlige energibesparende foranstaltninger, men i lige så høj grad af de teknologivalg, der er foretaget.

I figur 2.1. er søgt anskueliggjort hvilke sammenhænge, der kan være mellem energieffektivisering og andre væsentlige(re) interesser i virksomhederne.



Figur 2.1. Relationerne mellem energieffektivisering og andre virksomhedsinteresser.

Disse relationer optræder ikke alene i forbindelse med en energibesparende foranstaltning i traditionel forstand, men vil være gældende i forbindelse med mange teknologivalg, hvor energiforbruget kan spille en væsentlig rolle. Eksempelvis kan elektroniske processtyringer resultere i energieffektivisering, men i visse tilfælde indføres disse primært af helt andre årsager uden skelen til den energimæssige gevinst. I atter andre tilfælde afvises anvendelsen af samme teknologi på trods af de mulige energibesparelser, fordi teknologien vurderes at have andre ulemper.

Hvorvidt de enkelte relationer har betydning i den konkrete sammenhæng, afhænger dels af den pågældende teknologi, som er under overvejelse, dels af virksomhedens egne prioriteringer. Hvis f.eks. virksomheden er af den opfattelse, at dens arbejdsmiljø er så godt, at den ikke vil ofre mere på denne side, så vil virksomheden ikke tillægge en evt. forbedring i arbejdsmiljøet nogen værdi i forbindelse med en energibesparende foranstaltning.

Af disse grunde er det i projektet valgt at benytte en udvidet forståelse af begrebet energibesparende foranstaltning, der herefter defineres som

tiltag, der har som et (blandt flere) hovedmål at reducere energiforbruget i industrielle processer eller i hjælpestyret

Energibesparende foranstaltninger kan ifølge denne definition beskrives i følgende kategorier:

- alternativt valg af produktionsproces
- alternativt valg af produktionsudstyr
- ændring i /tilføjelse til produktionsudstyr
- ændring i produktionsproces
- ændring i drift af anlæg

Der findes en række energisparetiltag, som er enkle at vurdere, idet konsekvenserne af deres indførelse er lette at overskue. For disse gælder generelt, at såfremt der ikke forekommer særligt miljøbelastende forhold i forbindelse med fremstilling eller bortskaffelse, vil miljøpåvirkningen være positiv såfremt tiltaget er rentabelt. Det er en følge af, at værdien af energibesparelsen over en kort årrække overstiger *alle* omkostninger i forbindelse med fremstilling, inklusive energiomkostningerne. Energiforbruget i fremstillingsfasen må folgelig være væsentligt mindre end energibesparelsen i driftfasen.

I dette projekt er interessen rettet mod de typer af tiltag, som er relativt komplekse at vurdere, og hvor kompleksiteten i sig selv ofte må forventes at udgøre en barriere for indførelse af energieffektive teknologier.

Problemstillingen omkring indførelse af energibesparende tiltag har meget at gøre med en generel teknologivalgs-problemstilling, og vi skal her kort søge at ridse op, hvordan energieffektivisering spiller sammen med teknologivalg iøvrigt.

Det gælder typisk i teknologiske valgsituationer, at den opgave, som teknologien skal løse, kan løses med en række forskellige teknologiske tiltag. Eksempelvis kan en transportopgave løses ved pneumatisk transport, ved båndtransport eller ved transport på køretøj. Desuden kan opgavens art varieres ved tilrettelæggelse af den interne logistik på virksomheden. Valget af optimal løsning af opgaven afhænger af det sæt af krav, som stilles til opgaven, og den indbyrdes prioritering af kravene. Kravene kan f.eks. være: lave driftsomkostninger, lave investeringsomkostninger, høj driftssikkerhed, minimal beskadigelse af produktet under transport osv. Oftest vil ingen af de alternative løsningsmuligheder være de andre muligheder overlegen på alle punkter, og valget af løsning fremkommer derved som en afvejning af en række interesser. Denne afvejning er igen bestemt dels af produkt- og proceskravene, dels af virksomhedens/beslutningstagerens generelle prioriteringer.

I praktisk beslutningstagning er det umuligt at inddrage alle tænkelige interesser, og jo mere trivial beslutningen vurderes at være, des færre parametre medtages i grundlaget. Desuden ignoreres de løsninger, som især tilgodeser lavt prioriterede interesser.

Konsekvensen for energieffektiviseringsinteresserne er, at kun når beslutningen er enkel i den forstand, at der indgår få parametre, eller når energiforbrugets betydning vurderes at være relativt stort, indgår energiforbruget overhovedet som en overvejelse i forbindelse med valget.

Der findes mange eksempler, som bekræfter disse generelle mekanismer. Her skal gives to:

Den formentlig mest udbredte energispareforanstaltning i industrien indenfor de senere år er effektivisering af belysningsanlæg med mere effektive lyskilder og armaturer. Dette på trods af at rentabiliteten i denne type tiltag ofte er noget ringere end andre mindre udbredte foranstaltninger. Det er derimod karakteristisk, at beslutningsgrundlaget er enkelt og overskueligt, og at energiforbruget indgår som en relativt vigtig parameter i beslutningen sammen med lyskvaliteten, anskaffelsesprisen og levetiden.

Industriens trykluftanvendelse er et eksempel på en manglende inddragelse af energiforbruget i grundlaget for valg af teknologi. Industriens energiforbrug til trykluft er i samme størrelsesorden som forbruget til lys, og næsten alle fremstillingsvirksomheder benytter trykluft. Det er typisk for trykluftforbrugende udstyr, at luftforbruget til den enkelte komponent normalt er relativt beskedent og meget lidt synligt. Desuden er pneumatiske komponenter billige i indkøb sammenlignet med andre alternativer, og det ses ofte, at energieffektivisering har været helt fraværende i forbindelse med teknologivalget. Måske har der slet ikke været formuleret en valgsituation. Analyser af konkrete trykluftanvendelser viser, at der ofte findes alternativer, som reducerer energiforbruget til den pågældende energitjeneste radikalt - ofte med mere end 80%. Disse alternativer skal dog nødvendigvis vurderes individuelt i de enkelte tilfælde, og som regel fordrer de en mere indgående vurdering af energitjenesten end den, der foretages som grundlag for udlægning af et trykluftdrev. Denne barriere er tilsyneladende så afgørende, at den i mange tilfælde forlods ekskluderer mere rentable alternativer.

Selve situationen omkring valg af teknologi kan således til dels forklare og begrunde, at industrien ofte vælger løsninger, som ikke er energioptimale og måske heller ikke optimale ud fra en samlet vurdering.

Det gælder for størsteparten af det tekniske sparepotentiale, at de energieffektive alternative teknologier i større eller mindre omfang påvirker andre prioriterede interesser - det kan være produktkvaliteten, fleksibiliteten osv., og der er derfor en flydende grænse mellem energieffektivisering gennem egentlige energibesparende foranstaltninger, og energieffektivisering ved optimering af teknologivalget i bredere forstand.

Vurderet over et længere tidsperspektiv er konsekvensen af disse betragtninger, at den teknologiske udvikling kun i ringe grad går i retning af energieffektivisering. Det gælder generelt, at der hvor der implementeres energibesparende teknologi, er det stort set løsninger, som er udviklede til andre formål. Der skal her ses bort fra teknologier, som kan opfattes som primært energikonverterende (motorer, pumper, turbiner). Et eksempel er elektroniske styringer, som i de senere år har vundet meget stor udbredelse i industrien - primært fordi de giver adgang til bedre kontrol med processerne. Samme teknologi kan benyttes til at sikre, at energiforbruget tilpasses det til enhver tid værende behov, og denne type teknologi repræsenterer da også en stor del af den effektivisering, som finder sted idag.

Energieffektiviteten af bestemte processer og teknologier er således meget afhængig af den prioritering, som tillægges denne interesse. En øget prioritering vil dels medføre, at energiomkostningerne vil indgå i vurderingen på områder, hvor den idag er helt ude af betragtning, dels at mere energieffektive løsninger vil stå bedre i konkurrencen med teknologier med andre fortrin.

2.1 Energiforbrugets relative betydning i industrien

Den relativt lave prioritering af energieffektivisering i industrien hænger sammen med, at energiomkostningerne typisk udgør 1/2-2% af de samlede omkostninger.

Det er projektgruppens vurdering, at industrien i fremtiden vil tillægge energiforbruget en større betydning af forskellige grunde:

Fra myndighederne og fra markedet rejses et stigende pres på virksomhedernes miljøadfærd. Virksomhederne responderer ved at søge at dokumentere en fortsat indsats for at mindske miljøbelastningen. I denne sammenhæng spiller energiforbruget en væsentlig rolle.

CO₂- og SO₂-afgifterne kan, sammen med mulighederne for at opnå tilskud til betaling af afgiften og til investeringer i energieffektive processer, udgøre en betydelig motiverende faktor.

Endelig lægger miljøloven et vist pres på virksomhederne. De virksomheder, som er omfattet af Miljøbeskyttelseslovens kapitel 5 som særligt forurenende virksomheder, skal alle ansøge om miljøgodkendelse inden år 2000. Herunder ligger en vurdering af mulighederne for anvendelse af renere teknologi i virksomheden. Der er ikke hidtil praksis for at miljømyndighederne stiller specifikke krav til energieffektivisering i energianvendelsen, men lovens intension er klar, og det er venteligt at sådanne krav vil blive rejst fremover.

2.2 Virksomhedsorienterede helhedsvurderinger

Et middel til at sikre, at kravet om ressourceeffektivitet - herunder energieffektivitet, i højere grad slår igennem i teknologiudviklingen og i det konkrete teknologivalg kan være at *udvikle og fremme procedurer til systematisk og helhedsorienteret vurdering af teknologierne* med udgangspunkt i de prioriteringer, som på forhånd er fastlagt af virksomheden.

I den udstrækning, en sådan metodisk vurdering af teknologier afløser en mere intuitiv metode, som kun er eksplicit på ganske enkelte prioriteringsområder (f.eks. anlægsinvestering og produktivitet), kan man forestille sig, at lavere prioriterede krav som f.eks. driftbesparelser og miljøhensyn kan komme til at spille en større rolle ved teknologivalg og dermed også i den teknologiske udvikling.

3. Energibesparelser i industrien

Som en del af dette projekt er der udført en undersøgelse af potentialet for energibesparelser i den danske industri. Endvidere er det forsøgt at klarlægge de barrierer, der er for indførelse af nye energibesparende teknologier.

3.1 Undersøgelse af industriens energiforbrug

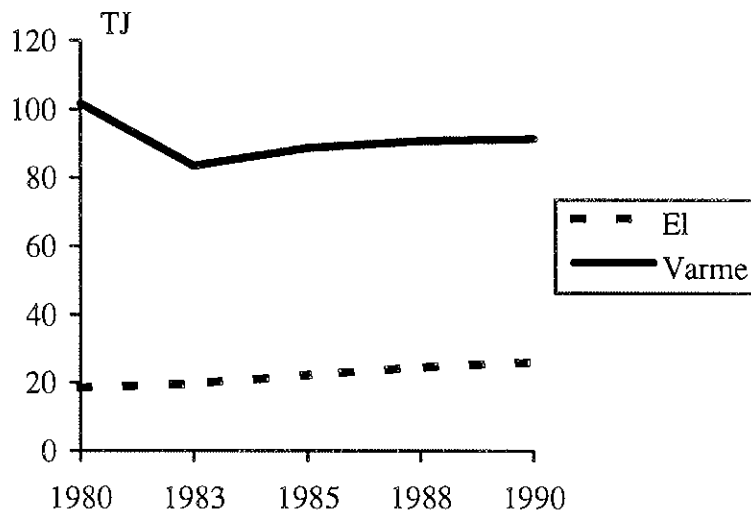
På basis af statistisk materiale fra Danmarks Statistik (ref.4) og Danske Elværkers Forening (ref.5) er der udført en undersøgelse af industriens energiforbrug fordelt på el- og varmforsørgelse. Der er indsamlet oplysninger om industriens energiforbrug for perioden 1980-90.

De opgjorte procentvise ændringer i energiforbrug er ændringer i energiforbruget ved slutforsørgelsesledet. Ændringer i primærenergiforbruget er ikke opgjort. Undersøgelsen omfatter industrivirksomheder, der tilhører firmaer med sammenlagt over 20 ansatte. Baggrunden for denne afgrænsning er, at de virksomheder der har interesse for energibesparelser, ofte har en vis størrelse.

Undersøgelsen har vist, at forbruget af elektricitet er steget jævnt over den undersøgte periode, se figur 3.1.1. Den gennemsnitlige årlige stigning i elforsørgelse har været 3,9%. Alle brancher har haft stigende elforsørgelse, men især træ- og møbelindustrien, kemisk industri, jern- og metalindustrien samt "anden industri" har haft betydelige stigninger i forbruget. Da de tre førstnævnte brancher udgør 45% af industriens samlede elforsørgelse, påvirker forbrugsstigningen i disse tre brancher den samlede stigningstakt betydeligt. Den gennemsnitlige årlige forbrugsstigning i træ- og møbelindustrien, kemisk industri og jern- og metalindustrien, er beregnet til 5,7%.

Efter en periode i 70'erne med en del variation i industriens varmforsørgelse, er forbruget i 80'erne kommet ind i en udvikling, hvor det stiger jævnt, se figur 3.1.1. Som det ses af figur 3.1.1, har der været et markant fald i varmforsørgelsen i starten af 80'erne. Årsagen til faldet i varmforsørgelsen er ikke klarlagt. Hvis der ses bort fra faldet i forbruget i perioden 1980-83, har den gennemsnitlige årlige forbrugsstigning været 1,4%. De største stigninger i perioden 1983-90, er sket i træ- og møbelindustrien, den grafiske industri og sten-, ler-, og glasindustrien.

Den gennemsnitlige årlige forbrugsstigning indenfor disse brancher er beregnet til 3,8%. For de øvrige brancher er varmforsørgelsen stagneret, mens det for enkelte brancher er faldet. Den gennemsnitlige årlige stigningstakt for de øvrige brancher er beregnet til 0,2%.



Figur 3.1.1 Industriens el- og varmeforbrug

Endvidere er der udarbejdet en undersøgelse vedrørende udviklingen i brændselsforbrugets sammensætning. Undersøgelsen viser at sammensætningen af brændselsforbruget er ændret betydeligt 80'erne. I 1980 udgjorde flydende brændsel (olie) ca. 54% af brændselsforbruget, hvilket er ændret til ca. 26% i 1990. Samtidig er forbruget af gas steget fra ca. 12% i 1980 til ca. 33% i 1990. Gasandelen er især steget kraftigt fra 1985.

Tabel 3.1.1 Industriens energiforbrug fordelt på energikilder.

År	Kul [1000 GJ]	Olie [1000 GJ]	Gas [1000 GJ]	El [1000 GJ]
1980	22.344	64.808	14.477	18.500
1983	13.135	54.674	15.585	19.731
1985	18.083	51.328	19.298	22.249
1988	19.964	36.979	33.113	24.589
1990	21.930	30.942	38.567	26.294

De største stigninger i det samlede energiforbrug i perioden 1980-90, er sket indenfor træ- og møbelindustrien (59%), papir- og grafiske industri (25%) og "anden industri (28%)". Den konstaterede stigning i såvel el- som varmeforbruget indenfor træ- og møbelindustrien, kan til dels forklares med en stigning i produktionsmængden i starten af 80'erne. Fra 1985-86 har den årlige produktionsmængde imidlertid været konstant. Det samme forhold er gældende for papirindustrien. Produktionsmængden i "anden industri" er derimod steget i denne periode. Sammenfattende kan det bemærkes at industriens samlede energiforbrug i 1990 er lidt lavere end forbruget i 1973 før oliekrisen.

3.2 Energibesparelsemuligheder i industrien

De hidtidige erfaringer med energigennemgange af virksomheder har vist, at der er sammenhæng mellem virksomhedernes energiforbrug og det energibesparelspotentiale, der procentvis kan realiseres. Typisk vil det være således, at jo større del energiforbruget udgør af virksomhedens omkostninger, jo mindre besparelspotentiale kan der påvises. Omvendt vil der i virksomheder med lille relativt energiforbrug ofte kunne påvises store procentvise besparelser. Denne sammenhæng kan forklares ved, at energiforbruget naturligt vil få større bevågenhed, hvis det udgør en stor del af omkostningerne og dermed er en konkurrenceparameter.

Hvis reduktioner i energiforbruget prioriteres højt, er der ofte udnævnt en energiansvarlig på virksomheden, der har til opgave at sikre gennemførelse af energibesparende tiltag samt energistyring (systematisk kontrol og overvågning af energiforbruget). Denne konstante kontrol af energiforbruget vil normalt sikre, at det ikke er muligt at realisere større, rentable energibesparelser.

I forbindelse med CO₂-lovgivningen fik en række af de største og mest energitunge danske virksomheder energiforbruget kontrolleret. Energiforbruget på disse virksomheder udgjorde en betydelig del af produktionsomkostningerne. Resultaterne herfra viser, at der er påvist et besparelspotentiale på 3,0% af elforbruget og 6,0% af varmemforbruget (ref.6). Det bør nævnes, at kravet til de energibesparende tiltag, der blev foreslået var, at besparelserne skulle kunne tjenes ind på maksimalt 4 år. Disse virksomheder havde alle en energiansvarlig, der ofte har som eneste opgave at sikre, at energiforsyningen foregår bedst og billigst muligt.

I en anden undersøgelse (ref.7) blev en række mellemstore virksomheders elforbrug undersøgt. Disse virksomheder havde normalt et energiforbrug, der kun udgjorde nogle få procent af omkostningerne. Desuden havde virksomhederne med få undtagelser ikke over ca. 200 ansatte. På disse virksomheder blev der påvist et elbesparelspotentiale på 11,9% i gennemsnit.

Til sammenligning med de nævnte energibesparelspotentialer kan det nævnes, at en undersøgelse (ref.8) af industriens teoretiske (maksimale) besparelspotentiale med det nuværende teknologiske stade skønnes at være mindst 20% for både el- og varmemforbruget. Endvidere er det skønnet, at energiforbruget på længere sigt kan nedbringes med 30-40%. De store energibesparelspotentialer kan bl.a. nås gennem energistyring og energirigtig projektering samt forøget fokus på udvikling af energieffektivt udstyr.

3.3 Barrierer for indførelse af energibesparelser i industrien

En af erfaringerne fra det ovenover nævnte AKF-projekt (ref.7) var, at virksomhedernes vilje og interesse for at involvere sig i energibesparelser, energistyring m.m. var ret begrænset. Til trods for at de energikonsulenter, der havde besøgt virksomhederne, havde beskrevet de enkelte energibesparende tiltag forholdsvis præcist, blev kun en meget begrænset del af de foreslåede projekter gennemført. Ved et efterfølgende besøg 1 år efter projektrapporterne var sendt til virksomhederne, blev denne konstatering diskuteret. Virksomhederne gav udtryk for, at der ikke havde været tid til at gøre noget ved besparelsetiltagene, at besparelsetiltagene havde været på budgettet, men var blev nedprioriteret til fordel for andre investeringer, at der var opstået frygt for produktionsmæssige konsekvenser, eller at der hos virksomhederne var opstået tvivl om besparelspotentialerne i de enkelte forslag. Denne "træghed" hos virksomhederne førte til, at kun ca. 4% af det påviste elbesparelspotentiale på 11,9% var realiseret efter 1 års forløb.

Erfaringer fra tidligere projekter har vist, at en meget stor del af det energibesparelspotentiale, som energirådgivere m.fl. har påvist i industrien, aldrig er realiseret. En opgørelse der er foretaget i forbindelse med omtrent 100 energisyn har vist, at kun ca. 25% af det påviste energibesparelspotentiale er eller forventes realiseret (ref.6).

Det er en udbredt erfaring blandt energirådgivere og energiansvarlige på virksomhederne, at forslag om energibesparende tiltag ofte bliver mødt med argumenter fra virksomhedernes ledelser, der intet har med energi at gøre. Den manglende opbakning fra ledelsen skyldes indvendinger som blandt andre:

- Der mangler tid i ledelsen til at tage sig af energioptimering.
- Det frygtes, at ændringer i produktionsteknologi kan føre til problemer af produktionsteknisk art.
- De sædvanlige leverandører har ikke det pågældende udstyr.

Uanset om disse indvendinger er funderet i realiteter, eller om de blot anvendes som undskyldning for ikke at beskæftige sig med energieffektivisering, afspejler de det faktum, at energibesparelser kan have konsekvenser, der rækker langt ud over det energimæssige. Derfor vil en simpel opgørelse af energibesparelsens værdi i forhold til investeringsomkostningerne ofte være utilstrækkelig til vurdering af et energibesparende tiltag. Der er en høj grad af ubestemthed forbundet med følger for produktivitet, arbejdsmiljø m.m. ved indførelse af visse energibesparende tiltag. Derfor kan konsekvenserne være umiddelbart uoverskuelige og vanskelige at vurdere. Beslutningstageren vil således være fristet til at vælge den nemme løsning ved intet at foretage sig eller ved at anvende teknologi, som er kendt for virksomheden. Der er utallige eksempler på, at denne usikkerhed vedrørende konsekvenserne af energibesparelser er baseret på et forkert grundlag, og beslutningerne ikke fører til virksomhedernes overordnede målsætning om at tjene mest muligt eller at sikre et optimalt arbejds-/ydre miljø.

Når det deciderede procesudstyr betragtes, sker der en ringe udvikling mod energieffektivisering. Denne udvikling sker primært indenfor energikonverterende udstyr som kedler, turbiner og motorer samt indenfor hjælpeudstyr som køle-, ventilations- og trykluftanlæg. Energieffektivisering af procesudstyr sker ofte med teknologi, der er udviklet til andre formål, som f.eks. elektroniske styringer. Denne udviklingstendens indenfor energieffektivisering indikerer ligeledes, at det er vanskeligt med de nuværende vurderingsmetoder at ændre proces- og produktionsteknologier mod større energieffektivitet.

4. Metodisk opbygning

Indførelse af en energibesparende foranstaltning kan for en virksomhed medføre ændringer i forskellige virksomhedsforhold og miljøforhold. I det omfang at dette er tilfældet, bør virksomheden foretage en nærmere vurdering af disse konsekvenser.

Metoden, der er udviklet i dette projekt, kan benyttes, når det fra virksomhedens side overvejes at indføre en energibesparende foranstaltning. Metoden kan benyttes til at vurdere konsekvenserne ved indførelse af den energibesparende foranstaltning i forhold til den eksisterende teknologi. Metoden bygger således på en sammenligning af to teknologier og beregner konsekvenserne ved at overgå fra den ene teknologi til den anden, den energibesparende foranstaltning.

4.1 Indledende overvejelser ved indførelse af energibesparende foranstaltninger

Det er inden metoden benyttes vigtigt at gøre sig klart hvilken type energibesparende foranstaltning, virksomheden vil indføre. Som nævnt i kapitel 1 kan en energibesparende foranstaltning opdeles i 3 typer med hver deres karakteristika, som kort opsummeres i det følgende:

- Adfærdsændringer eller ændringer i form af simpel omprogrammering af eksisterende reguleringsudstyr eller lignende.
- Ændringer i eksisterende udstyr til mere energieffektivt udstyr ved ombygning eller indføjelse af nye komponenter.
- Ændringer i forbindelse med nyindkøb ved udskiftning af udslidte komponenter eller ved overgang til helt nyt procesudstyr.

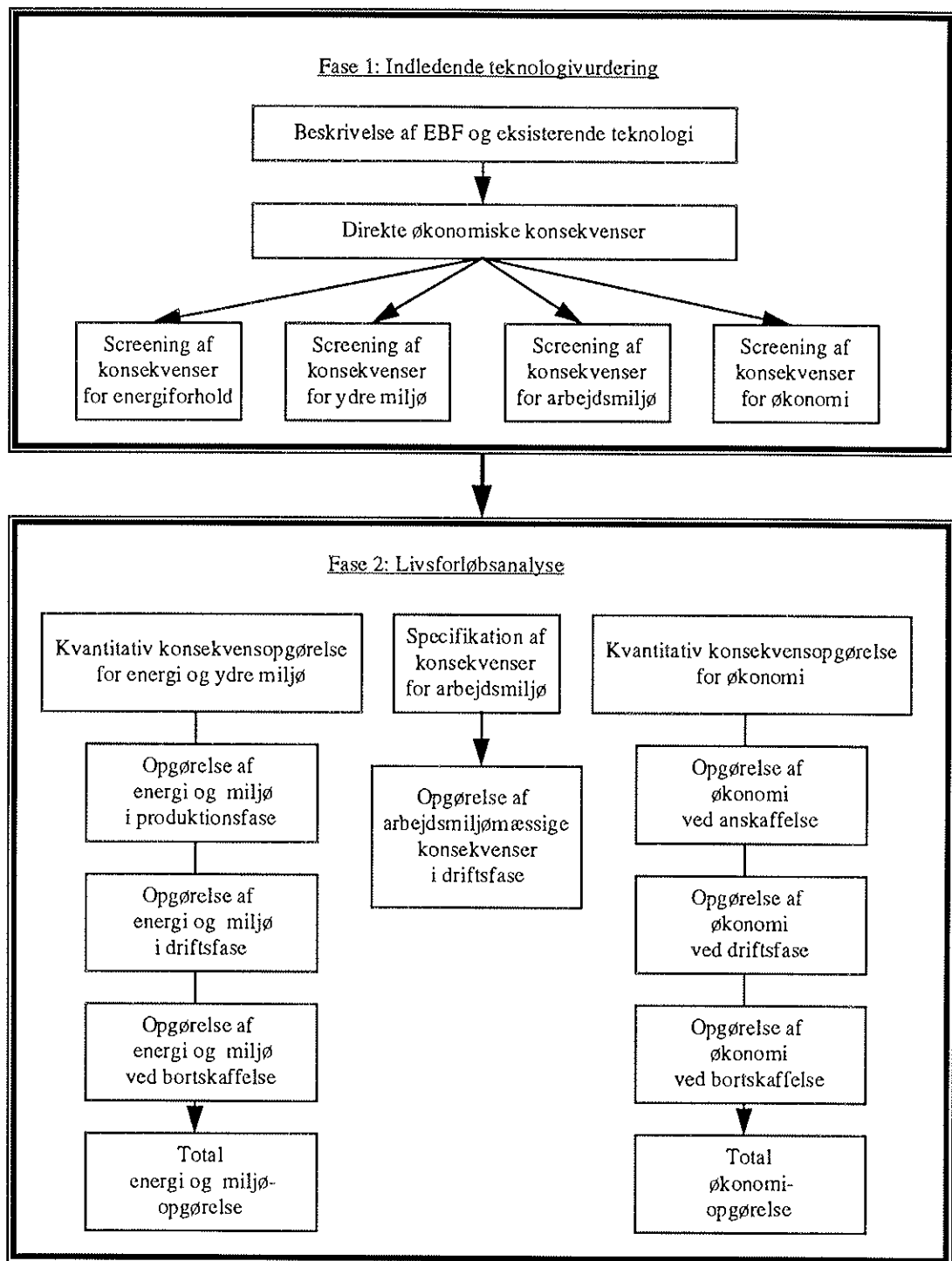
Afhængig af hvilken type energibesparende foranstaltning, der skal indføres på virksomheden, vil der være forskellige påvirkninger ved indførelse af den nye teknologi. Driftsomkostninger og energiforbrug vil altid blive berørt ligegyldigt hvilken af de tre grupper af energibesparende foranstaltninger, der vælges indført, hvorimod eksempelvis investeringsomkostninger kun er en påvirkning, der skal opgøres for de sidste to typer.

4.2 Konsekvensvurdering

Metoden er opdelt i to faser: En indledende teknologivurdering og en livsforløbsanalyse. Begge faser behandler de fire hovedområder: Energi, miljø, arbejdsmiljø og økonomi, og begge faser bygger på en vurdering indenfor disse fire områder.

Første fase, den indledende teknologivurdering, er en kvalitativ opgørelse, der indeholder en vurdering af de faste elementer, der indgår ved indførelse af den energibesparende foranstaltning og de elementer, der skal udskiftes, samt et overslag over investering og tilbagebetalingstid. Derudover indeholder den indledende teknologivurdering en screening af hvilke øvrige påvirkninger, der er ved indførelse af den energibesparende foranstaltning.

De påvirkninger, der i den indledende teknologivurdering viser sig ved indførelsen af den energibesparende foranstaltning, kan herefter blive kvantificeret i fase 2, livsforløbsanalysen. Metoden er opbygget som vist i efterfølgende figur.



Figur 4.2.1 Metodisk opbygning

4.3 Indledende teknologivurdering

Den indledende teknologivurdering udføres af virksomheden for at få et overblik over, hvilke ændringer, indførelse af en energibesparende foranstaltning vil medføre på virksomheden. Derudover vil den indledende teknologivurdering påpege, hvilke typer af påvirkninger, den energibesparende foranstaltning vil medføre.

Den indledende teknologivurdering er bygget op på følgende måde:

Først beskrives den energibesparende foranstaltning og det system, som denne energibesparende foranstaltning vil erstatte, dvs. alle de komponenter, der indgår i de to sammenlignelige systemer opgøres, således at det står klart, hvad de to sammenlignelige systemer indeholder. Det er vigtigt, at alle komponenter tages med i betragtningen for sidenhen at foretage så reel en sammenligning og konsekvensvurdering som muligt. Efter at det står klart, hvilke systemer der skal sammenlignes i det videre forløb, opgøres de direkte økonomiske konsekvenser, dvs. forhold som energibesparelse og simpel tilbagebetalingstid, for således ved et hurtigt overslag at være i stand til at vurdere om den energibesparende foranstaltning med rimelighed kan betale sig.

Efter denne første vurdering foretages den egentlige konsekvensvurdering ved overgang fra den ene teknologi til den anden. Konsekvenserne opgøres som positive eller negative, men kvantificeres ikke i den indledende teknologivurdering. Samtidig med konsekvensopgørelsen vurderes usikkerheden af denne opgørelse for hver enkel påvirkning.

De påvirkninger, der måtte være ved overgang til den energibesparende foranstaltning, vurderes med hensyn til energi, miljø, arbejdsmiljø og økonomi. En type påvirkning, der måtte opstå ved indførelse af den energibesparende foranstaltning, kan vise sig kun at have konsekvenser for nogle parametre, men ikke for andre. Eksempelvis vil indførelse af en energibesparende foranstaltning, der medfører et mindre antal sygedage om året, have konsekvenser for såvel arbejdsmiljø som økonomi på virksomheden, mens hverken energi- eller miljøforhold vil blive påvirkede. Konsekvensopgørelsen foretages i skemaer, der er opdelt således, at de fire parametre kan vurderes særskilt. Virksomheden kan herved foretage en vægning af de områder, som virksomheden prioriterer højest.

Den samlede konsekvensvurdering foretages til sidst i den indledende teknologivurdering på basis af de opgjorte konsekvenser i skemaform. Virksomheden skal inden den samlede vurdering gøre sig klart, hvordan den vil prioritere energi, miljø, arbejdsmiljø og økonomi, og det er herefter den vægtede konsekvensopgørelse indenfor disse områder, der skal vurderes. Den samlede vurdering foretages ved at opgøre mængden af opgjorte konsekvenser og en bedømmelse af negative og positive effekter. Hvis den samlede vurdering viser, at indførelsen af den energibesparende foranstaltning vil have mange positive konsekvenser indenfor de områder, virksomheden prioriterer højt, vil den indledende teknologivurdering ofte være tilstrækkelig grundlag til en beslutning om indførelse af den energibesparende foranstaltning. Er der derimod tillige mange negative konsekvenser ved indførelsen af den energibesparende foranstaltning eller er opgørelsen af konsekvenserne meget usikker, vil det være nødvendigt at kvantificere konsekvenserne ved hjælp af livsforløbsanalysen indenfor de udpegede områder.

4.4 Livsforløbsanalyse

Livsforløbsanalysen er en kvantificering af de konsekvenser, der er udpeget i den indledende teknologivurdering som værende betydelige eller usikre. Livsforløbsanalysen udføres, hvis et af følgende forhold gør sig gældende fra virksomhedens synspunkt:

- Den indledende teknologivurdering giver ikke klart beslutningsgrundlag for at indføre den energibesparende foranstaltning på virksomheden.
- Den indledende teknologivurdering har påvist nogle konsekvenser, der bør undersøges nærmere, inden der kan tages beslutning om, hvorvidt den energibesparende foranstaltning bør indføres på virksomheden.
- Den indledende teknologivurdering er baseret på for usikre opgørelser.

- Virksomheden ønsker at kvantificere energi- og miljødata for de konsekvenser, indførelsen af den energibesparende foranstaltning måtte have.
- Virksomheden ønsker at kvantificere økonomien af de konsekvenser, indførelsen af den energibesparende foranstaltning måtte have.
- Virksomheden ønsker en specifikation af de arbejdsmiljørelaterede konsekvenser, indførelsen af den energibesparende foranstaltning måtte have.

Livsforløbsanalysen er opdelt i skemaer for tre områder: Energi- og miljøopgørelse, arbejdsmiljøopgørelse samt økonomiopgørelse. Det er således muligt for virksomheden selv at beslutte, hvilke forhold der skal belyses yderligere ved en egentlig kvantifikation.

Energi- og miljøopgørelsen er en reel livsforløbsanalyse, hvor de energi- og miljørelaterede konsekvenser opgøres for hele den energibesparende foranstaltnings livsforløb, dvs. fra produktion til bortskaffelse.

Arbejdsmiljøopgørelsen og økonomiopgørelsen vedrører primært de deciderede virksomhedsrelaterede forhold. Økonomiopgørelsen er en kvantificering af specielt de driftsmæssige forhold, herunder også de mere produktionstekniske forhold, dvs. ændringer i driften forårsaget af ændringen i teknologi. Arbejdsmiljøopgørelsen er imidlertid ikke en kvantificering, men en specifikation af de arbejdsmiljørelaterede forhold, som indførelsen af en energibesparende foranstaltning kan forårsage, samt en vurdering af eventuelle afværgeforanstaltninger, som kan blive nødvendige.

Det skal bemærkes, at metoden er bygget op som en differensmodel, således at det er forskellen mellem to teknologier, der kvantificeres igennem livsforløbet. Dette gælder for alle fire konsekvensområder.

Livsforløbsanalysen er opbygget således, at det kun er i de tilfælde, hvor der sker ændringer ved at skifte fra den ene teknologi til den anden, at konsekvensene beregnes, og det er da forskellen mellem de to teknologier, der beregnes. Herved vil livsforløbsanalysen være overskuelig at gennemføre, idet en del parametre vil gå ud mod hinanden.

Livsforløbsanalysen afsluttes for konsekvensområderne energi- og miljø samt økonomi med en total opgørelse af de specifikke påvirkninger. For energi- og miljøopgørelsen betyder dette en opgørelse af energiforbrug og emissioner og andre miljøforhold gennem det totale livsforløb, mens det for økonomiopgørelsen er det den totale omkostning (positiv eller negativ), som indførelsen af den energibesparende foranstaltning vil medføre.

Da livsforløbsanalysen udføres som en opgørelse af forskellen mellem to teknologier, der kvantificeres igennem livsforløbet, skal der i analysen tages hensyn til, at levetiden for referencesystemet og det alternative system ikke nødvendigvis er ens.

Ved at erstatte en eksisterende teknologi, der har en vis restlevetid, med en ny energibesparende teknologi realiseres et energiforbrug og dermed en miljøpåvirkning, før det i realiteten er nødvendigt. En del af det energiforbrug, der oprindeligt er anvendt ved fremstillingen af den eksisterende teknologi, går hermed "tabt", fordi den eksisterende teknologis levetid ikke udnyttes fuldt ud. Endvidere vil det være således, at ved at indføre den energibesparende foranstaltning nu, vil udskiftningstidspunktet for den indførte foranstaltning blive fremskyndet med det antal år, den eksisterende havde i restlevetid. Derfor er det rimeligt at medregne restlevetiden i energi- og miljøopgørelsen.

Det energiforbrug, der er anvendt til fremstilling af den eksisterende teknologi og de deraf følgende emissioner, er i sagens natur realiseret og kan ikke påvirkes. De emissioner, der forekommer ved fremstilling af en ny teknologi, kan derimod påvirkes, dels ved at fremstille teknologien på en miljøvenlig måde, dels ved at udsætte fremstillingen af teknologien mest mulig.

I dette projekt er det valgt at tage højde for dette således: I fremstillingsprocessen for den nye teknologi medtages energiforbruget til fremstilling af den nye teknologi divideret med restlevetiden af den eksisterende teknologi. Hvis den nye teknologi for eksempel har en levetid på 20 år og den eksisterende teknologi en restlevetid på 6 år, medtages et energiforbrug på 30% ($6 \text{ år} / 20 \text{ år}$) af energiforbruget til fremstilling af den nye teknologi. Alt i alt betyder dette, at energiforbruget til fremstilling af den nye teknologi multipliceres med 1,3. Emissioner til det ydre miljø skal beregnes på basis af dette energiforbrug.¹

Tilsvarende problemer forekommer med hensyn til investeringsomkostningerne. Investeringen afskrives normalt opdelt over levetiden. Hvis en teknologi med en levetid på 20 år udskiftes, når den har en restlevetid på 6 år, vil der således være en investeringsomkostning på $6/20$ af investeringen i den gamle teknologi, 30 %, der ikke er afskrevet. Dette skal derfor indregnes i investeringsomkostningerne for den nye teknologi.

Livsforløbsanalysen udfyldes pr. levetidsår for faser, der bør henregnes til hele levetiden, dvs. anskaffelses- og bortskaffelsesfasen. For begge faser gælder, ifølge det nævnte eksempel, at energiforbruget til den nye teknologi skal tillægges 30 %, hvorefter dette totale energiforbrug divideres med levetiden for den nye teknologi. Investeringsomkostningerne tillægges 30 % af restinvesteringen for den udskiftede teknologi, hvorefter disse investeringsomkostninger divideres med levetiden for den nye teknologi.

I langt de fleste tilfælde vil denne beregning ikke være nødvendig, idet en energibesparende foranstaltning normalt vil blive indført, når referencesystemet alligevel er udsidt og skal udskiftes.

4.5 Vurderingens omfang

Konsekvensvurderingen kan stoppes efter den indledende teknologivurdering, hvis det viser sig, at der ikke identificeres forhold, der fra virksomhedens side vurderes at skulle belyses yderligere. Screeningen af de identificerede påvirkninger kan også vise, at der kun sker ubetydelige ændringer ved indførelse af den energibesparende foranstaltning. Der er i disse tilfælde på basis af den indledende teknologivurdering opnået et tilstrækkeligt beslutningsgrundlag for at træffe beslutning om indførelse af den pågældende energibesparende foranstaltning.

Hvis der ved screeningen i den indledende teknologivurdering findes forhold, som kan udgøre en betydelig påvirkning af de forhold, som virksomheden prioriterer, gennemføres fase 2, livsforløbsanalysen, for disse forhold. Screeningen i den indledende teknologivurdering kan vise, at påvirkningernes størrelse efter al sandsynlighed ikke kan negligeres, eller at datagrundlaget for screeningen er så usikkert, at det ikke er tilstrækkeligt at foretage en vurdering på screeningsniveau. Der er derfor først efter de detaljerede analyser i livsforløbsanalysen et tilstrækkeligt godt beslutningsgrundlag vedrørende indførelse af den pågældende energibesparende foranstaltning.

¹ Nederst side 67 og øverst side 68 er dette udtrykt forkert. Dette er først opdaget ved seneste korrektur.

5. Afgrænsning af metoden

I det følgende gennemgås, hvilke processer, der i den energibesparende foranstaltnings livsforløb, behandles i analysen.

Den udviklede metode skal umiddelbart kunne benyttes af en virksomhed til at vurdere konsekvenserne for virksomheden, når den overvejer at indføre en energibesparende foranstaltning. Det indebærer, at principielt alle parametre bør indgå i metoden, og at de kan benyttes eller fravælges i en konkret sammenhæng. Metoden skal være let tilgængelig, og de parametre, der skal behandles, er parametre, der vil have direkte betydning for den enkelte virksomhed.

Af praktiske og tidsmæssige årsager har vi i projektet været nødt til at foretage en afgrænsning af hvilke konsekvensområder, der behandles i metoden. De overordnede konsekvensområder, der vil blive behandlet i metoden ved vurderingen af en energibesparende foranstaltning, vil være energi, ydre miljø, arbejdsmiljø og økonomi. For hver af disse områder gælder, at det kun er forhold, der kan have betydning for virksomheden, der behandles.

Energi og ydre miljø gennemgås ud fra livsforløbsbetragtningssåden således, at alle de emissioner og det energiforbrug, der er forekommet i den energibesparende foranstaltnings livsforløb, kortlægges. Dette er valgt, dels fordi et væsentligt formål med indførelsen af en energibesparende foranstaltning er at spare energi og derved skåne miljøet, dels fordi det ved miljørevision er krævet, at der foreligger en miljø/energi-vurdering. En miljø/energi -vurdering af et produkt må nødvendigvis tage udgangspunkt i livsforløbsbetragtningssåden for at være troværdig.

Det forholder sig anderledes med afgrænsningen af livsforløbet ved kortlægningen af konsekvenser indenfor arbejdsmiljø og økonomi. Konsekvenser indenfor disse to områder opgøres udelukkende i direkte relation til virksomheden, da tidligere processer i den energibesparende foranstaltnings livsforløb oftest ikke vil have interesse for den virksomhed, hvor den energibesparende foranstaltning installeres. De økonomiske konsekvenser er imidlertid indirekte medtaget i investeringen i den energibesparende foranstaltning. De arbejdsmiljømæssige konsekvenser er derimod ikke medtaget for processer uden for virksomheden, idet det i projektet er valgt kun at medtage de forhold, der har direkte konsekvenser for arbejdsmiljøet for virksomhedens ansatte.

5.1 Afgrænsning i forhold til livsforløb

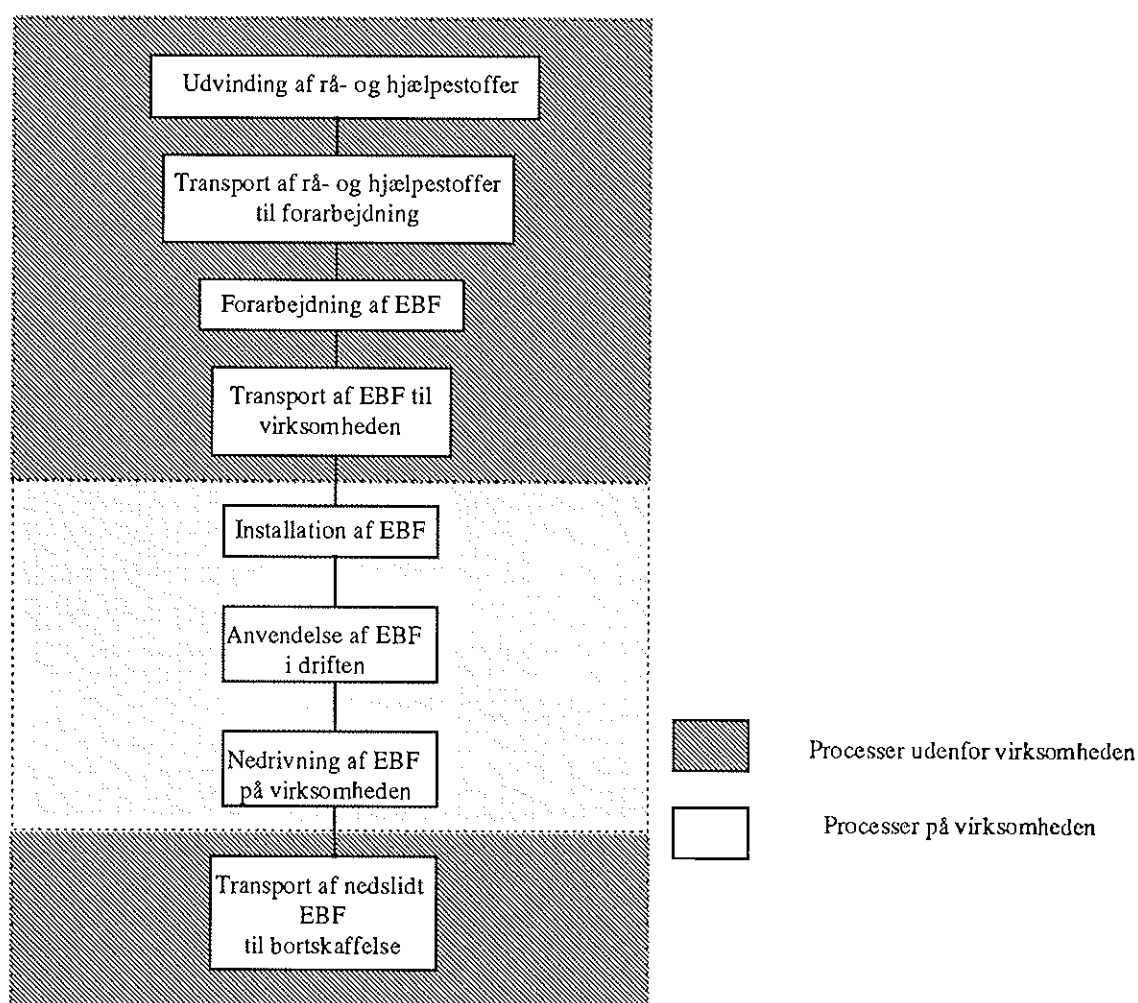
De processer, der vil blive behandlet i livsforløbsanalysen, er vist i figur 5.1.1. Figuren afbilder livsforløbet for en energiteknologi, hvor den energibesparende foranstaltning (EBF) er vist som et eksempel. Det er vigtigt at pointere, at analysen udføres som en sammenligning af en referenceteknologi og en alternativ teknologi (eller to alternative løsningsmuligheder), og det er således forskelle i påvirkninger af de fire konsekvensområder mellem referenceteknologien og den alternative teknologi gennem livsforløbet for begge teknologier, der skal kortlægges i analysen. Det er således de *forskelle* i påvirkninger, som hvert enkelt proces giver anledning til, der kortlægges og ikke det faktiske energiforbrug, emissioner, omkostninger etc. for referencesystemet og det alternative system, der opgøres i analysen. Hvordan dette i praksis lader sig gøre vil blive uddybet yderligere i del 2, afsnit 2.2, hvor der gives en vejledning i anvendelsen af metoden.

I det følgende omtales den alternative teknologi generelt som en energibesparende foranstaltning, der i kapitel 2 er defineret på følgende måde:

En energibesparende foranstaltning er et tiltag, som har som hovedformål at reducere energiforbruget i industrielle processer eller i det installationstekniske udstyr

Den energibesparende foranstaltning er således ikke nødvendigvis en enkelt komponent, men kan være et system bestående af flere delkomponenter.

Livsforløbet for den energibesparende foranstaltning er delt i tre overordnede faser: Produktion af den energibesparende foranstaltning, drift af den energibesparende foranstaltning og til sidst bortskaffelse af den energibesparende foranstaltning.



Figur 5.1.1 Livsforløb for den energibesparende foranstaltning

Produktion af den energibesparende foranstaltning

Analysen tager udgangspunkt i udvindingen af de råvarer og hjælpestoffer, der er anvendt til produktion af den energibesparende foranstaltning. Efter udvindingen transporteres rå- og hjælpestoffer til forarbejdning, hvor den energibesparende foranstaltning fremstilles. Den energibesparende foranstaltning transporteres herefter videre til virksomheden.

Den første del af livscyklusforløbet består således af følgende processer: udvinding, transport fra udvinding til forarbejdning, forarbejdning og endelig transport fra forarbejdning til virksomhed. Disse processer sker alle udenfor virksomheden og har ikke direkte relation til virksomhedens produktion.

Disse fire processer vil i denne version af metoden kun blive behandlet med hensyn til energi og ydre miljø. En energi- og miljøanalyse af en energibesparende foranstaltning er som før nævnt ikke tilstrækkelig i dag, hvis den kun omfatter driftsprocessen, idet der i tidligere processer i EBF's livsforløb forekommer energiforbrug og miljøpåvirkninger, der bør medtages ved vurderingen af de totale energi- og miljøpåvirkninger for en energibesparende foranstaltning. En enkeltstående analyse af specielt energiforholdene ved driften af en energibesparende foranstaltning vil ikke have interesse, idet en energibesparende foranstaltning i sagens natur næsten pr. automatik vil være mere energivenlig, end det den afløser. Virksomheden vil derimod ved benyttelse af livsforløbsbetragtningssmåden blive i stand til at dokumentere de miljørelaterede konsekvenser, når virksomheden indfører energibesparende foranstaltninger.

De ovennævnte processer behandles ikke med hensyn til arbejdsmiljø, da de alle foregår udenfor virksomheden og således ikke har betydning for virksomhedens arbejdsmiljø.

Med hensyn til økonomi afgrænses livsforløbet igen således, at det kun er forhold, der har betydning for virksomhedens økonomi, der medtages. For ovennævnte processer vil det munde ud i en samlet investeringsomkostning for virksomheden. Denne medtages i metoden.

Den energibesparende foranstaltning som led i virksomhedens drift

Efter transport af den energibesparende foranstaltning til virksomheden, installeres den på virksomheden og indgår derefter som en del af virksomhedens produktionsapparat. Her vil den forblive til endt levetid, hvorefter den transporteres til bortskaffelse. De næste led i livsforløbet vil således bestå af en installationsproces og en driftsproces.

Såvel installations- som driftsprocessen har direkte relation til virksomheden, da begge processer foregår på virksomheden. Alle fire parametre energi, ydre miljø, arbejdsmiljø samt økonomi behandles derfor i metoden for disse processer.

Bortskaffelse af den energibesparende foranstaltning

Næste fase i livsforløbsanalysen vil bestå af en bortskaffelse af den energibesparende foranstaltning på virksomheden. Herefter følger transport fra virksomheden til bortskaffelsesstedet, som enten kan være et forbrændingsanlæg, genanvendelsesindustrien eller et depot. Disse processer foregår udenfor virksomheden.

Ligesom for produktionen af komponenten er bortskaffelse af den energibesparende foranstaltning væsentlig at have med for virksomheden ved vurdering af de energi- og miljømæssige forhold, for at virksomheden er i stand til at give en helhedsvurdering af de energi- og miljømæssige konsekvenser ved indførelse af energibesparende foranstaltninger.

Da bortskaffelsesprocessen delvist foregår udenfor virksomheden, vil processen ikke have betydning for virksomheden med hensyn til arbejdsmiljø, da den ikke vil påvirke virksomhedens medarbejdere. Der vil dog være en mindre del af bortskaffelsesprocessen, der foregår på virksomheden. Denne fase vil imidlertid være meget kortvarig, og der vil derfor ikke umiddelbart blive taget hensyn til den fase i analysen. Er der væsentlige arbejdsmiljømæssige forhold, der gør sig gældende i denne fase, bør det dog påpeges i analysen.

Bortskaffelsesprocessen vil have betydning for virksomheden ved den økonomiske opgørelse, da virksomheden vil have udgifter i forbindelse med bortskaffelse af den energibesparende foranstaltning, og processerne medtages derfor i opgørelsen af økonomi.

I de følgende afsnit gennemgås afgrænsningen af de fire konsekvensområder.

5.2 Afgrænsning i forhold til energi

I figur 5.2.1 er livsforløbet for den energibesparende foranstaltning gennemgået, med de processer, det er valgt at kortlægge i analysen for energi og ydre miljø. Det er ydermere vist, hvordan hver enkelt proces er afgrænset i forhold til energi og miljø. Energi opgøres ikke som en ressource, men kun det reelle energiforbrug opgøres.

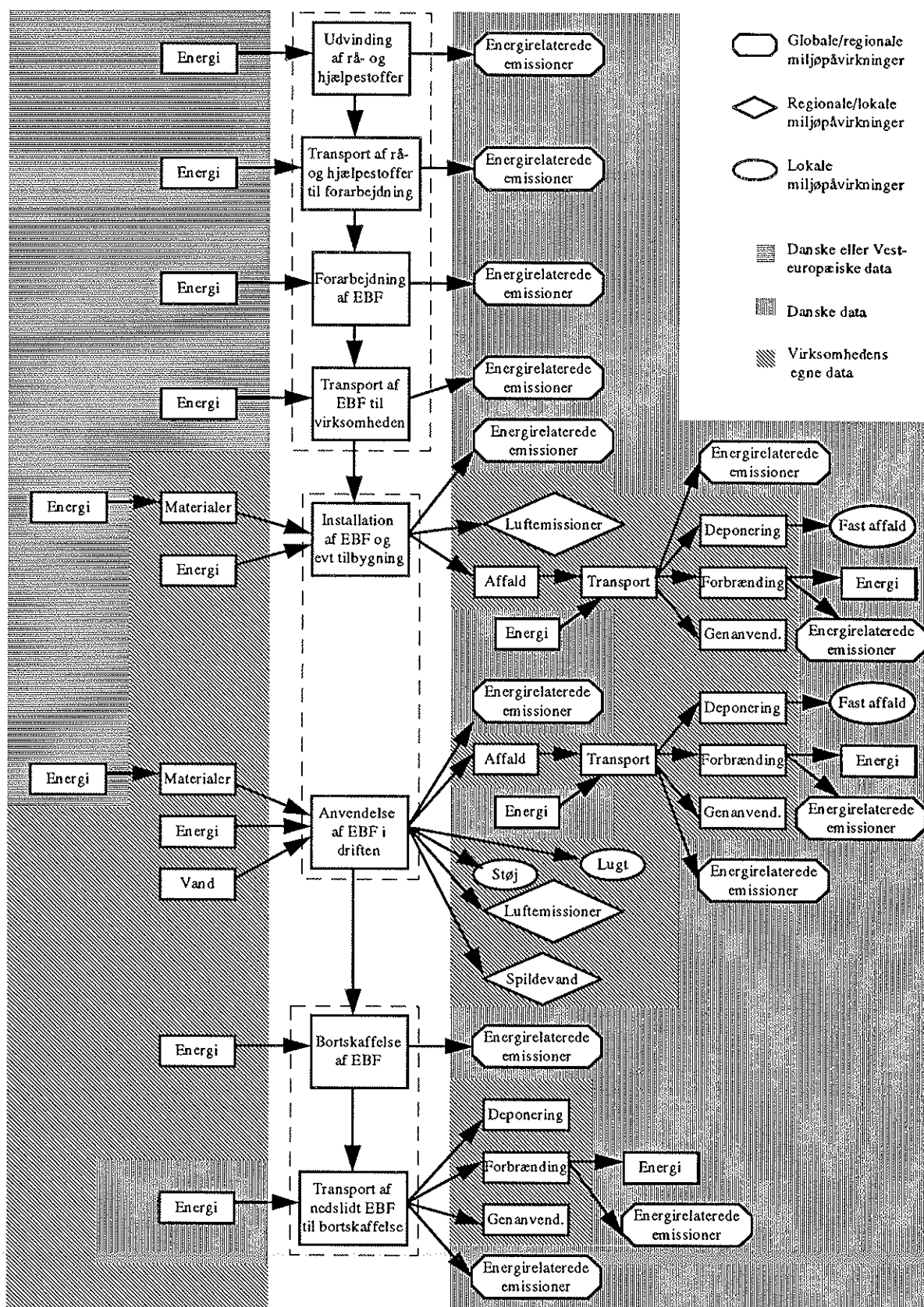
Da energibesparelse er udgangspunktet for at indføre en energibesparende foranstaltning, er det i metoden valgt at kortlægge alt energiforbrug gennem hele levetiden af de anvendte materialer. Hvis den energibesparende foranstaltning er rentabel, er energiforbruget i fremstillingsfasen ofte mindre end energibesparelsen i driftsfasen, idet energiomkostninger til fremstilling er indregnet i investeringsomkostningerne. Energiforbruget udgør alligevel en belastning på samme måde, som de øvrige forhold, der behandles i projektet, og behandles derfor også i projektet.

Der foretages i projektet ganske detaljerede opgørelser af energiforbrug til fremskaffelse af udvalgte energikilder og materialer. Energiopgørelserne er foretaget som "vugge til grav"-analyser, hvor energiforbruget i alle væsentlige delprocesser er søgt opgjort. Det betyder, at analyseme omfatter energiforbrug til udvinding af råstoffer, til fremstilling af produktet, samt til bortskaffelse efter endt anvendelse. For ikke at skulle undersøge urimeligt mange processer eller forbrug, er det valgt kun at medtage energikilderne kul, olie og naturgas. Derudover er produktionen af fjernvarme og elektricitet medtaget. Desuden er energiindholdet i materialer kun undersøgt for de mest almindelige materialer ved udførelse af energibesparende foranstaltninger.

5.2.1 Energiindhold i energikilder

Ved energiopgørelserne er energiforbruget relateret til fremstillings- og forbrugsformen af energien, således at energiforbrug af forskellig art og på forskelligt tidspunkt i produktets livsforløb med rimelighed kan adderes. Energiforbruget er generelt opgjort som primærenergiforbrug, dvs. et kul-, olie- eller gasforbrug. Det betyder, at energiforbrug til transport, konvertering og distribution er regnet om til det kul-, olie-, eller gasforbrug, der er medgået ved processerne. For hver energikilde er det totale energiforbrug i form af kul, olie eller gas beregnet for det totale procesforløb frem til der, hvor energikilden anvendes. Slutkonverteringen i f.eks. et kedelanlæg eller i et elforbrugende apparat er ikke medregnet, da brugeren selv skal indregne den aktuelle virkningsgrad ved slutkonverteringen.

De energiforbrug, der er medgået til fremstilling af produktionsanlæg, transportmaskineri m.m., der anvendes ved fremskaffelse, forarbejdning og bortskaffelse af energikilder samt materialer, er ikke medtaget, idet det er antaget at disse energiforbrug udgør en forsvindende del af det samlede energiforbrug.



Figur 5.2.1 Afgrænsning af livsforløbet samt de enkelte processers input og output i opgørelsen af energi og miljø.

Det er valgt, at energiforsyningsreferencen baseres på danske forhold. Konvertering og distribution følger således danske forhold, men energiforbruget til fremskaffelsen af energikilderne er opgjort ud fra antagelser om hvor fra i verden, energikilderne stammer.

Ved opstilling af energiforsyningsreferencen i dette projekt, er det som nævnt valgt at inddеле energiforbruget i tre generelle energikilder kul, olie og gas samt de to energiproduktionsformer fjernvarme og elektricitet. Dette indebærer en tilnærmelse til virkeligheden, idet de enkelte energikilder hver for sig kan have forskelligt energiindhold pr. masseenhed alt efter oprindelsesland, type m.m.. Den nævnte tilnærmelse skønnes dog ikke at have stor betydning for resultatet af livsforløbsanalysen.

Endvidere er det antaget, at fjernvarme enten er kulbaseret kraftvarme eller naturgasbaseret varme fra et fjernvarmeværk.

I del 4, kapitel 1.1 er fremgangsmåden ved opgørelse af energiforbruget ved fremskaffelse m.m. af de enkelte energikilder nøje beskrevet. Endvidere er der angivet de anvendte antagelser vedrørende oprindelseslande, transportforhold m.m. for energikilderne.

Opgørelserne for energikilderne kul, olie og gas bygger hovedsagelig på to referencer; "Økoinventare für Energiesysteme" (ref.9) der typisk angiver schweiziske og vesteuropæiske tal, samt "Livsforløbsanalyser af decentrale kraftvarmeværker" (ref.10), der angiver danske tal.

5.2.2 Energiindhold i materialer

De materialer, der er udvalgt i dette projekt, dækker langt størsteparten af det materialeforbrug, der medgår ved fremstilling af maskiner og tekniske installationer. I dette projekt er det fundet hensigtsmæssigt at medtage energiforbruget til fremstilling, forarbejdning og bortskaffelse af stål, støbejern, aluminium, kobber, bly, zink, plast, gummi, glas, træ og mineraluld. Endvidere er der angivet tal for energiforbruget ved opførelse af bygninger.

Ved energiopgørelserne er det valgt at anvende danske gennemsnitstal i det omfang, det har været muligt og derudover at anvende vesteuropæiske gennemsnitstal, der tilnærmes danske forhold. Det betyder, at energiangevnelser for dansk producerede materialer hovedsagelig bygger på danske tal, mens materialer, der produceres i udlandet, bygger på udenlandske tal. Alle tal i energiopgørelserne er dog som nævnt forsøgt tilnærmet danske forhold ved at anvende danske forhold vedrørende fremskaffelse, forarbejdning, anvendelse og bortskaffelse af materialerne. Energiopgørelserne for materialerne er som for energikilderne foretaget i primærenergikilder som kul, olie og gas. I del 4, kapitel 1.2 er fremgangsmåden ved opgørelserne af energiforbruget ved fremskaffelse, forarbejdning, distribution og bortskaffelse af materialerne m.m. nøje beskrevet. Endvidere er de anvendte forudsætninger, antagelser mv. vedrørende oprindelseslande, transportforhold m.m. for materialerne angivet i dette afsnit.

Ved opgørelserne af energiindholdet i materialer er der anvendt en række referencer, hvoraf de vigtigste er "Økoinventare für Energiesysteme" (ref.9), "Packaging and the Environment" (ref.11) samt "Livscyklusmodel til vurdering af nye materialer" (ref.12). Det antages, at datakvaliteten i de førnævnte referencer er god, da de i betydeligt omfang er baseret på enten nyere danske undersøgelser af faktiske energiforbrug eller internationalt anerkendte kilder som eksempelvis Boustead (ref.13).

5.3 Afgrænsning i forhold til ydre miljø

Påvirkninger af det ydre miljø kan opdeles i forhold til, om emissionerne har lokale, regionale eller globale effekter, alt efter hvor stort et område disse emissioner vil påvirke. Påvirkningerne kan deles op på følgende måde (ref.11):

- *Lokal påvirkning.* Der er her en snæver sammenhæng mellem udslip og det resulterende niveau af forurening. Den typiske afstand for påvirkningen er under 50 km.
- *Regional påvirkning.* Forureningen opblandes her over store områder af samme størrelsesorden som Europa. Den typiske afstand for påvirkningen er et par tusinde km.
- *Global påvirkning.* Forureningen opblandes her i hele jordens atmosfære og placeringen af forureningskilden er således uden betydning.

Det er vigtigt i en miljøvurdering at opgøre påvirkninger på alle tre niveauer, hvis det ønskes at opnå et så nuanceret billede af de samlede ydre miljøpåvirkninger som muligt. Det vil således ikke være fyldestgørende at argumentere for et produkts miljøvenlighed udelukkende ud fra en opgørelse af f.eks. lokale og regionale miljøpåvirkninger gennem produktets livsforløb, da de globale miljøpåvirkninger også har betydning for produktets miljøvenlighed. Ligeledes vil en opgørelse alene af de globale miljøpåvirkninger heller ikke kunne give et nuanceret billede af produktets miljøpåvirkninger gennem livsforløbet. Det er væsentligt, at der fokuseres på alle tre niveauer, og at alle emissioner på hvert niveau kortlægges.

En fyldestgørende analyse af en energibesparende foranstaltning bør således være i stand til at kortlægge globale, regionale og lokale miljøpåvirkninger gennem de undersøgte komponents levetid, for at der kan argumenteres for et miljørigtigt valg af komponent/teknologi.

Det har inden for dette projekts ramme imidlertid ikke været muligt at kortlægge alle miljøpåvirkninger, og der har derfor måttet foretages en afvejning af hvilke påvirkninger, der umiddelbart må vurderes mest væsentlige fra virksomhedens side.

Da udgangspunktet for analysen er energibesparelser, er det valgt at afgrænse opgørelsen af miljøpåvirkninger gennem livsforløbet til at omfatte de miljøpåvirkninger, som produktion/forbrug af energi giver anledning til. Det er således vigtigt at bemærke, at den udviklede metode ikke er en komplet miljøvurdering af alle miljøpåvirkninger gennem livsforløbet for den analyserede komponent/teknologi, men hovedsagelig en kortlægning af emissioner i forbindelse med produktion/forbrug af energi.

Der er i projektet valgt at fokusere på de emissioner, der har globale og regionale påvirkninger, vel vidende at dette er en begrænsning i opgørelsen af miljøpåvirkninger.

Årsagen til, at der specielt fokuseres på de globale og regionale påvirkninger, er interesse i drivhusgasproblematikken. En stigning i indholdet af drivhusgasser i atmosfæren vil medføre en global opvarmning. CO₂ er den absolut væsentligste drivhusgas i atmosfæren, men andre drivhusgasser har også stor betydning for drivhuseffekten. Disse emissioner er ligeså væsentlige i forbindelse med opgørelsen af CO₂-udslip, da de er medvirkende til at forstærke drivhuseffekten. Derudover er der regionale emissioner, der er indirekte drivhusgasser, som ligeledes er med til at forstærke drivhuseffekten. I mange tilfælde kan en type af emissioner have såvel globale som regionale konsekvenser, og det er derfor valgt her at behandle begge typer påvirkninger, der er knyttet til energiforbruget.

Med hensyn til de processer, som foregår inden for virksomhedens egne produktionsrammer, nemlig installationsfasen, selve driftsfasen samt nedrivning af den energibesparende foranstaltning på virksomheden, er det imidlertid forsøgt at opbygge analysen således, at der udover de nævnte energirelaterede emissioner opgøres lokale og regionale påvirkninger. Dette er gjort med udgangspunkt i, at virksomheder, der har miljøgodkendelsespligt, de såkaldte listevirksomheder, i fremtiden skal opgøre alle miljøpåvirkninger fra virksomheden, og disse opgørelser skal fremgå af virksomhedens grønne regnskab. Yderligere vil virksomheder med miljøstyringssystem specielt have interesse i at kunne opgive de miljøpåvirkninger, der er direkte knyttet til virksomhedens produktion, dvs. såvel lokale, regionale som globale miljøpåvirkninger.

For de processer, der har direkte relation til virksomheden, opgøres derfor de energirelaterede emissioner, vandforbrug, forbrug af rå- og hjælpestoffer, spildevandsudledning, lugt, støj, luftemissioner (af anden art end de energirelaterede - f.eks. giftige dampe) og affaldsdannelse. Dette er alle miljøpåvirkninger, der indgår i virksomhedens grønne regnskab, og den miljøorienterede del af metoden kan derfor have særlig interesse for miljøbevidste virksomheder, eller virksomheder der fra 1996 skal aflægge grønt regnskab.

Der er gjort en række antagelser og forudsætninger for beregningerne af de emissioner, som ikke opgives direkte fra virksomheden - f.eks. de energirelaterede emissioner og affaldsbortskaffelsen. Disse antagelser og forudsætninger omtales i det følgende.

5.3.1 Energirelaterede emissioner

Ved opgørelsen af de energirelaterede emissioner er der benyttet emissionsfaktorer (ref.1), der er beregnet på basis af Energistyrelsens energistatistik. De energirelaterede emissioner, der opgøres i projektet, er således baseret på danske data.

Emissionerne beregnes på grundlag af det energiforbrug, der benyttes ved materiale-fremstilling, samt det energiforbrug, der er på virksomheden. Der er ved opgørelsen af emissioner taget hensyn til energikilden (kul, olie, naturgas o.lign.) samt typen af energiproducent (kondensværk, fjernvarmeværk, affaldsforbrænding o.lign.), idet der er forskellige emissionsfaktorer knyttet til hver enkelt type anlæg.

Emissionerne i forbindelse med transport er ligeledes beregnet på grundlag af den benyttede transporttype samt hvilken type brændstof, der benyttes.

Som tidligere nævnt er det specielt emissioner med global og regional påvirkning, der fokuseres på i projektet. Det er derfor valgt at medtage følgende energirelaterede emissioner for hele livsforløbet: CO₂, CH₄, N₂O, NO_x, NMVOC, CO og SO₂.

CO₂, CH₄, og N₂O, er alle drivhusgasser med global påvirkning. NO_x, NMVOC og CO er indirekte drivhusgasser, og dermed medvirkende til at forstærke drivhuseffekten. Derudover har disse emissioner regional påvirkning. NMVOC, NO_x og SO₂ er alle regionale gasser, der medfører forurening.

Det er i projektet valgt at afgrænse således, at øvrige energirelaterede emissioner (dvs. udsendelse af partikler og sporstoffer samt slagge o.lign.) ikke medtages i analysen i nogen del af livsforløbet.

5.3.2 Affald

Affald er i projektet opdelt i brændbart affald, ikke brændbart affald samt olie- og kemikalieaffald.

Brændbart affald

Ud af de materialer, der er medtaget i projektet, tilhører træ, gummi og plast gruppen af brændbart affald. Gummi og plast afbrændes på affaldsforbrændingsanlæg sammen med andet affald. De energirelaterede emissioner ved forbrænding af gummi og plast beregnes på basis af emissionsfaktorerne for affaldsforbrænding, da det ikke er muligt at fremskaffe emissionsdata udelukkende for affaldsforbrænding af gummi og plast.

Ved forbrænding af PVC vil der udover de energirelaterede emissioner være udslip af bl.a. dioxiner, chlorholdige forbindelser (specielt HCl) samt bly og cadmium. Disse emissioner opgøres ikke i analysen.

Ved forbrændingen af træ fremkommer CO₂-emissioner. Denne CO₂-emission ses der imidlertid ses bort fra, idet den absorberes igen, når træ vokser op påny. Det antages således, at afbrændingen af træ er CO₂-neutral.

Ikke brændbart affald

Det er i projektet valgt ikke at medtage miljøpåvirkninger i forbindelse med ikke brændbart affald, idet det antages, at dette affald bliver deponeret på kontrollerede lossepladser. Derudover vil der være en del materiale, der kan genanvendes og derfor ikke bliver deponeret. Denne mængde er der taget højde for ved materialefremstillingen (nærmere beskrevet i del 4 kapitel 1), men indgår ellers ikke i livsforløbsanalysen.

Det er derfor kun mængden af fast affald, der opgøres som en miljøpåvirkning i analysens energi- og miljøopgørelse. Derimod angives "ikke brændbart affald" som en økonomisk effekt for virksomheden i form af deponeringsafgiften.

Olie- og kemikalieaffald

Olie- og kemikalieaffald forbrændes på Kommunekemi. Følgende emissioner beregnes på grundlag af opgørelser fra Kommunekemi: CO, CO₂, SO₂ og NO_x. Andre emissioner opgøres ikke, da de ikke registreres på Kommunekemi.

5.3.3 Spildevand

Udledningen af spildevand opgøres ikke i livsforløbsanalysens energi- og miljøopgørelse. Dette er en afgrænsning taget ud fra den betragtning, at indførelse af en energibesparende foranstaltning sjældent vil medføre en ændring i koncentrationen af forskellige stoffer i spildevandet. Derimod opgøres spildevandsudledningen som en økonomisk effekt for virksomheden i form af spildevandsafgiften.

5.3.4 Støj

Det er i projektet valgt at behandle støjbelastningen fra virksomheden på en sådan måde, at virksomheden selv på forhånd vurderer belastningen efter indførelse af den energibesparende

foranstaltning og sammenholder den med vejledende grænseværdier for støjbelastning fra virksomheder målt udendørs. Metoden angiver således grænseværdier, som virksomheden kan bruge som retningslinier. Det er derved umiddelbart muligt at vurdere, om indførelsen af den energibesparende foranstaltning vil medføre problemer i støjbelastningen fra virksomheden.

5.3.5 Lugt

Lugtgener til det ydre miljø efter indførelse af den energibesparende foranstaltning behandles i metoden således, at der gøres opmærksom på, hvilke former for lugtgener, der normalt kan forekomme, og virksomheden vurderer herefter, om indførelse af den energibesparende foranstaltning vil medføre en ændring af disse lugtgener. Metoden fungerer i forbindelse med lugtgener primært som en huskeliste for virksomheden.

5.3.6 Luftemissioner

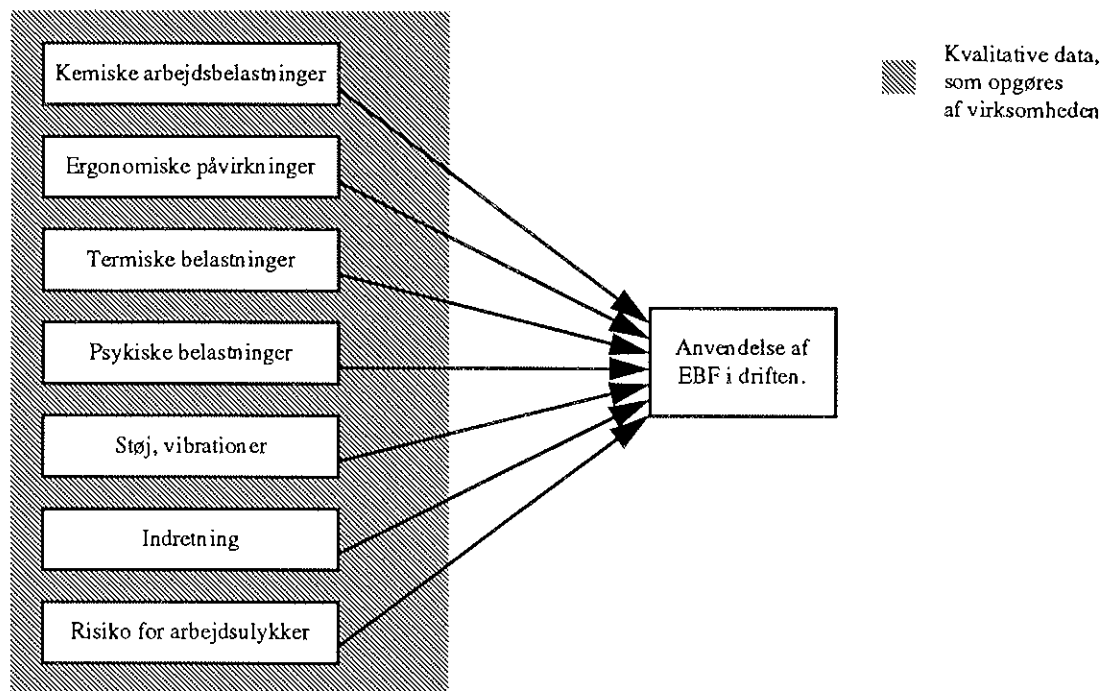
I forbindelse med indførelse af den energibesparende foranstaltning på virksomheden kan der ske en påvirkning af det ydre miljø i form af luftemissioner, der ikke er energirelaterede. Dette kan være emissioner af opløsningsmidler o.lign. Denne form for luftemissioner behandles i metoden således, at der gøres opmærksom på, hvilke former for luftemissioner, der normalt kan forekomme, og virksomheden vurderer herefter, om indførelse af den energibesparende foranstaltning vil medføre en ændring i disse luftemissioner. Metoden fungerer i forbindelse med luftemissioner primært som en huskeliste for virksomheden.

5.4 Afgrænsning i forhold til arbejdsmiljø

Kortlægningen af påvirkningerne af arbejdsmiljøet adskiller sig væsentligt fra kortlægningen af påvirkningerne af energi, ydre miljø og økonomi. Hvor disse analyser bygger på kvantitative opgørelser af påvirkningerne, er vurderingen af påvirkningerne af arbejdsmiljøet af mere kvalitativ art. Det søges dog i livsforløbsanalysen at opgøre eksempelvis støjniveau, koncentration af kemiske påvirkninger o.lign.

Ved udviklingen af metoden, har det først og fremmest været formålet, at virksomheden forholdsvis hurtigt og enkelt ved hjælp af metoden kan kortlægge de arbejdsmiljømæssige påvirkninger, der måtte følge af indførelsen af en energibesparende foranstaltning. Det er vurderet, at en kvantitativ opgørelse af arbejdsmiljøet i forbindelse med indførelse af en energibesparende foranstaltning på virksomheden vil være en for omfattende og tidskrævende opgave for virksomheden, idet en energibesparende foranstaltning normalt kun giver anledning til ændringer i nogle få arbejdsmiljøparametre og ofte kun marginale ændringer.

Som det ses af figur 5.4.1, afgrænses metoden til kun at omfatte arbejdsmiljøet på virksomheden, hvor EBF eventuelt skal indføres. Metoden kunne have omfattet flere faser i livsforløbet, men da metoden opbygges i henhold til den virksomhedssynsvinkel, der er anlagt i projektet, er det udelukkende arbejdsmiljøet på virksomheden, der kortlægges.



Figur 5.4.1 Afgrænsning af livsforløbet i forhold til opgørelse af arbejdsmiljøet.

5.4.1 Arbejdsmiljøbelastninger

I arbejdsmiljøet er den ansatte udsat for en række påvirkninger. Hvis der er risiko for, at påvirkningerne har effekt på medarbejderen, er der tale om en belastning af arbejdsmiljøet.

Arbejdsmiljøbelastningerne kan kategoriseres i hovedgrupper, som beskriver typen af belastningen. Indenfor hver hovedgruppe findes et antal af forskellige arbejdsbelastninger. Det er i projektet valgt at medtage nedenstående hovedgrupper, figur 5.4.1, der dækker størstedelen af de arbejdsmiljøpåvirkninger, der måtte forekomme i forbindelse med indførelsen af en energibesparende foranstaltning. Det vil således være muligt for virksomheden at kategorisere de eventuelle ændringer i arbejdsmiljøpåvirkninger, der måtte være ved indførelse af en energibesparende foranstaltning, i disse hovedgrupper.

- *Kemiske arbejdsbelastninger* kan enten skyldes de anvendte rå- og hjælpestoffer eller stoffer dannet ved de processer, der foregår på virksomheden.
- *Ergonomiske påvirkninger* kan skyldes tunge løft, dårlige arbejdsstillinger, ensidigt belastende arbejde eller andet.
- *Støj og vibrationer*
- *Termiske belastninger, indeklima* kan skyldes høj/lav rumtemperatur, temperatursvingninger, strålevarme fra maskiner eller andet.
- *Psyriske arbejdsbelastninger* kan skyldes arbejdets tilrettelæggelse, lønsystemet, uddannelse, oplæring og information, indflydelse og magtrelationer, arbejdstempo m.m.
- *Indretning på arbejdspladsen*, dvs. pladsforhold, afskærmning, belysningsforhold m.m.
- *Risiko for arbejdsulykker.*

De nævnte typer af arbejdsmiljøpåvirkninger (hovedgrupperne) opgøres alle i analysen, hvilket fremgår af figur 5.4.1.

Påvirkningerne kan forekomme i forskellige situationer:

- Ved normal drift af virksomheden
- Ved unormal drift af virksomheden, dvs. ved planlagte uregelmæssigheder f.eks. som følge af svingende råvareleverancer eller lignende. Der er her tale om situationer, der er almindeligt forekommende, og som behandles rutinemæssigt.
- Ved uheldssituationer på virksomheden, d.v.s. ved situationer, der ikke er planlagte.

Det kan specielt i forhold til uheldssituationer være svært at forudsige, hvilke arbejdsmiljøbelastninger, der måtte optræde, men det er væsentligt, at arbejdsmiljøet betragtes i alle tre situationer ved en helhedsbetragtning af virksomhedens arbejdsmiljø.

Som nævnt findes et utal af påvirkninger indenfor hver enkelt hovedgruppe. For at gøre analysen så detaljeret som mulig, er det valgt, at lade virksomheden selv opgøre de arbejdsmiljøpåvirkninger og belastninger, der findes på virksomheden, og derefter kategorisere dem efter hovedgrupperne. Det er i projektet vurderet at være for omfattende at nævne alle de arbejdsmiljøpåvirkninger, der eksisterer i industrien i dag.

Der er i projektet specielt lagt vægt på påvirkningen af det psykiske arbejdsmiljø, på en sådan måde at dette område er uddybet mere i arbejdsmiljøopgørelsen end de øvrige områder. Dette skyldes, at en meget stor del af energibesparende foranstaltninger vil have en større eller mindre påvirkning af det psykiske arbejdsmiljø. Da der i projektet specielt er interesse for succeskriterierne for indførelse af en energibesparende foranstaltning, vurderes de psykologiske elementer særligt vigtige.

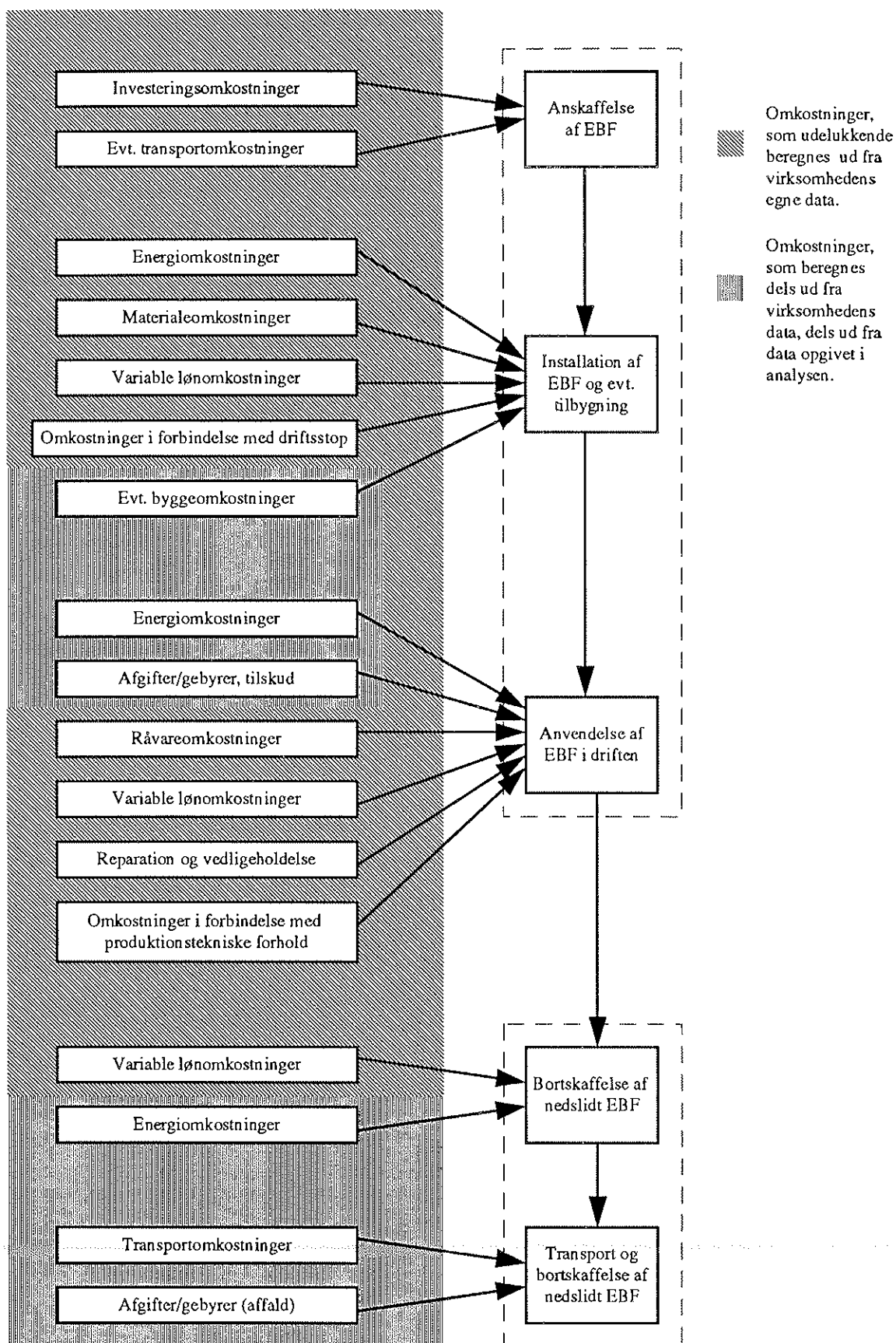
Der er i opgørelsen med vilje ikke gjort forsøg på at sætte en specifik grænse for, hvornår man klassificerer en ændring i arbejdsmiljøbelastningen som væsentlig, da der kan være mange forskellige grunde til, at man skønner, at en ændring er væsentlig. Det vigtigste er, at ændringen i arbejdsbelastningen er blevet gjort synlig.

5.5 Afgrænsning i forhold til økonomi

Figur 5.5.1 viser de processer i livsforløbet, som kortlægges i omkostningsopgørelsen samt hvilke omkostninger, der opgøres for de enkelte processer. Det skal fremhæves, at det også for omkostningsopgørelsen gælder, at det er *forskelle* i omkostninger mellem det eksisterende system og den energibesparende foranstaltning, der opgøres for hver enkelt proces.

Som tidligere beskrevet opgøres omkostningerne udelukkende for de processer i livsforløbet, som vedrører virksomhedens økonomi. Det vil sige, at processerne før anskaffelsen af den energibesparende foranstaltning ikke behandles, mens det er omkostningerne ved anskaffelse, installation, anvendelse og bortskaffelse, der opgøres.

Opgørelsen indebærer en kortlægning af alle omkostninger, forbundet med hver enkelt proces, og der er derfor ikke tale om en egentlig afgrænsning i forhold til omkostningerne.



Figur 5.5.1 Afgrænsning af livsforløbet i den økonomiske opgørelse

5.5.1 Direkte omkostninger

Direkte omkostninger kan umiddelbart opgøres af virksomheden som en fast omkostning i forbindelse med indførelsen af den energibesparende foranstaltning. Under direkte omkostninger medtages investeringsomkostninger, byggeomkostninger samt transportomkostninger. De direkte omkostninger er her defineret som omkostninger, der betales en gang i hele teknologiens levetid.

I forbindelse med investeringsomkostningerne skal der indregnes eventuelle tilskud ved indførelse af den energibesparende foranstaltning. Således kan der i henhold til CO₂-afgiftslovpakken ydes statstilskud til foranstaltninger, der medfører bedre energiudnyttelse og energibesparelser (ref.14).

5.5.2 Variable driftsomkostninger

Variable omkostninger defineres her som driftsafhængige omkostninger i forbindelse med den energibesparende foranstaltning. Disse omkostninger opgøres på årsbasis. Under variable driftsomkostninger hører løbende energiomkostninger, materiale- og råvareomkostninger, lønomkostninger, omkostninger i forbindelse med reparation og vedligeholdelse samt diverse afgifter og gebyrer (vand, spildevand, affald o.lign.).

5.5.3 Produktionstekniske omkostninger

Produktionstekniske omkostninger defineres som indirekte omkostninger, der opstår i forbindelse med forskellige påvirkninger af produktionsteknisk art i forbindelse med indførelse af en energibesparende foranstaltning. De produktionstekniske påvirkninger er ofte ikke medtaget ved en vurdering af konsekvenserne ved indførelse af nye teknologier. Det er derfor valgt her i projektet at uddybe disse påvirkninger, således at virksomheden bliver bevidst om, hvilke produktionstekniske ændringer, den bør være opmærksom på i forbindelse med indførelse af den energibesparende foranstaltning. De produktionstekniske påvirkninger er i projektet delt op i følgende hovedgrupper:

- Påvirkning af produktet
- Påvirkning af produktivitet
- Påvirkning af procesparametre
- Påvirkning af organisation og videnbehov

Der er i metoden foretaget en underopdeling af de produktionstekniske påvirkninger indenfor de nævnte hovedområder, for således at henlede virksomhedens opmærksomhed på hvilke produktionstekniske ændringer, der kan forekomme i forbindelse med indførelse af den energibesparende foranstaltning.

Følgende specificerede produktionstekniske påvirkninger er valgt:

- Påvirkning af produktet: *Afsætningsforhold, kvalitet*
- Påvirkning af produktivitet: *Arbejdstempo, sygefravær, produktionshastighed*
- Påvirkning af procesparametre: *Produktionskapacitet, forbrug af hjælpestoffer, driftssikkerhed, kassationsprocent, fleksibilitet, rengøringsbehov, vedligeholdelse*
- Påvirkning af organisation og videnbehov: *Behov for viden, behov for arbejdskraft, ændring i organisation*

En økonomisk vurdering af disse produktionstekniske påvirkninger vil altid være behæftet med en vis usikkerhed, men det er i projektet anset for vigtigt, at virksomheden bliver tvunget til at prissætte de eventuelle ændringer, der måtte ske i produktionstekniske forhold. Der opstilles derfor i den økonomiske opgørelse en tabel med en specifikation af de produktionstekniske forhold, i hvilken de påvirkninger, der skønnes at have en effekt, anføres med skønsmæssige beløb.

6. Processer i livsforløbet

6.1 Gennemgang af processer i forhold til energi- og miljøopgørelse

Afgrænsningen af livsforløbet og hvilke påvirkninger, der opgøres for de enkelte processer fremgår af figur 5.2.1. Det fremgår af figuren, hvilke påvirkninger, der er lokale, regionale og globale, ligesom det fremgår, at opgørelsen af miljøpåvirkninger omfatter de energirelaterede emissioner for de processer, der ikke har direkte relation til virksomheden, mens den også omfatter vandforbrug, affald, støj og lugt, når det gælder de processer, der har relation til virksomheden.

Processerne inden installation på virksomheden

For processerne "Udvinding af rå- og hjælpestoffer", "Transport af rå- og hjælpestoffer til forarbejdning", "Forarbejdning" og "Transport til virksomheden" opgøres energiforbruget samt de energirelaterede emissioner ved de enkelte processer. I analysen vil disse fire processer ikke blive behandlet enkeltvist, men blive samlet under ét, således at virksomheden opgiver, hvilke materialer de sammenholdte komponenter er fremstillet af, hvorefter det samlede energiforbrug og de samlede energirelaterede emissioner for de fire processer udregnes og kortlægges. Dette er gjort for at lette udregningerne for virksomheden ved brug af metoden.

Installation på virksomheden

Ved installation af komponenten på virksomheden gøres der rede for det materialeforbrug, der måtte være i forbindelse med installationen, f.eks. træ, stål eller andet. Herudover gøres der rede for materialeforbruget i forbindelse med en eventuel tilbygning i forbindelse med installation af den energibesparende foranstaltning.

Ud fra materialeforbruget kortlægges det energiforbrug, der har været ved fremstilling af materiale, samt de energirelaterede emissioner i forbindelse med dette energiforbrug. Endelig kortlægges det direkte energiforbrug i forbindelse med installationen og den eventuelle tilbygning samt de energirelaterede emissioner forårsaget af dette energiforbrug.

Installationsprocessen kan give anledning til affaldsdannelse. I denne forbindelse kortlægges energiforbruget ved transport og disponering af affaldet og de deraf følgende emissioner. Hvis affaldet bliver deponeret, opgøres den deponerede mængde som "fast affald". Forbrændes affaldet derimod, kortlægges den deraf følgende energiproduktion og de energirelaterede emissioner herved. Hvis affaldsmaterialet genanvendes, vil det blive udnyttet i et andet flow, der ikke redegøres for her.

I installationsfasen kortlægges vandforbrug ikke, da det antages at være forholdsmæssigt lille i forhold til vandforbruget ved driften. Det antages således, at en opgørelse af disse miljøpåvirkninger ved installation ikke vil kunne ændre billedet i væsentlig grad.

Anvendelse i driften

En energibesparende foranstaltning behøver ikke kun at påvirke miljøet gennem energiforbruget. Påvirker indførelsen af EBF f.eks. også materialeforbruget, vandforbruget eller spildevandet, vil indførelsen af EBF også gennem disse påvirkninger få betydning for miljøet. Det er derfor valgt, at anskue den energibesparende foranstaltning i forhold til den samlede produktion/drift på virksomheden.

I driftsfasen opgøres materialeforbruget, og herigennem opgøres energiforbruget samt de energirelaterede emissioner ved fremstilling af materialerne. Herudover kortlægges det direkte energiforbrug og de heraf følgende energirelaterede emissioner, samt vandforbruget og eventuelle andre luftemissioner (opløsningsmidler o.lign.). Derudover opgøres eventuelle lugt- og støjgener ved den samlede drift af virksomheden.

Endelig opgøres den affaldsmængde, produktionen giver anledning til og herudfra kortlægges energiforbrug ved transport af affaldet samt deraf følgende energirelaterede emissioner. Ud fra disponeringen af affaldet kortlægges mængden af fast affald ved deponering samt energiproduktion, og de deraf følgende energirelaterede emissioner ved afbrænding af affaldet opgøres.

Bortskaffelse

I forbindelse med bortskaffelse af den energibesparende foranstaltning på virksomheden kan der forekomme et energiforbrug på virksomheden, som kortlægges sammen med de energirelaterede emissioner.

Transport ved bortskaffelse

Derudover vil der ved transport af den energibesparende foranstaltning fra virksomheden til bortskaffelse være et energiforbrug, der ligeledes opgøres tillige med de dertil knyttede emissioner.

Ud fra disponeringen af de materialer, den energibesparende foranstaltning er fremstillet af, kortlægges de miljøpåvirkninger og den energiproduktion, der er som følge af bortskaffelsen.

6.2 Gennemgang af processer i forhold til økonomiopgørelse

De forskellige faser, der behandles i økonomiopgørelsen, fremgår af figur 5.5.1. Figuren er opdelt i 5 faser: Anskaffelse, installation, anvendelse i driften, bortskaffelse samt transport ved bortskaffelse.

Anskaffelse

Ved anskaffelse af den energibesparende foranstaltning opgøres investeringsomkostningerne, samt prisen for leveringen af komponenten på fabrikken (transportomkostninger). Som regel betaler virksomheden en samlet pris, hvori leveringen indgår.

Installation

Ved installation kan der være omkostninger forbundet med materialeforbrug, samt omkostninger til arbejdstimer i forbindelse med selve installationen. Herudover kan der være tale om udgifter i forbindelse med oplæringstimer/kurser i anvendelse af den nye teknologi. Hvis installationen giver anledning til driftsstop, vil virksomheden også have udgifter i form af tabt fortjeneste i forbindelse med dette.

Hvis det i forbindelse med indførelsen af den energibesparende foranstaltning er nødvendigt, at produktionsarealet øges, opgøres også omkostningerne i forbindelse med den nødvendige tilbygning.

Anvendelse i driften

Ved opgørelse af omkostningerne ved driften opgøres ikke kun energiomkostningerne/besparelsen, men også omkostninger i forbindelse med materialeforbrug, arbejdskraft, reparation og vedligeholdelse, afgifter/gebyrer og tilskud.

Det er langt fra sikkert, at indførelsen af en energibesparende foranstaltning vil medføre ændringer i f.eks. materialeforbrug eller affaldsgebyrer, men skulle indførelsen af komponenten påvirke omkostningerne på nogle af de nævnte områder, er det vigtigt at inddrage dem i den samlede økonomiske vurdering. Påvirkes områderne ikke, er det ikke nødvendigt at redegøre for dem i analysen.

Afgifter og gebyrer betales i forhold til vandforbrug, spildevandsudledning og affaldsbortskaffelse. Herudover betales der CO₂-afgift, der ikke opgøres som en separat udgift, men er indeholdt i energiregningen eller i købet af olie og kul. Fra 1996 skal der derudover tillægges en SO₂-afgift, der også tillægges energiprisen.

Hvis energibesparelsen er i en størrelsesorden, hvor virksomheden kan opnå tilskud til dækning af CO₂-afgiften eller til indførelse af den energibesparende foranstaltning, opgøres disse tilskud som negative omkostninger i forbindelse med energiomkostninger i driften og investeringsomkostningerne.

Endelig er der omkostninger i forbindelse med produktionstekniske forhold. Disse omkostninger er svære at sætte beløb på, fordi de ofte ikke kan opgøres som direkte omkostninger. Omkostningerne kan opstå i forbindelse med en ændret kassationsprocent, ændrede afsætningsforhold, kvalitetsændringer af produktet, ændret arbejdstempo og sygefravær, ændret driftssikkerhed etc.

Det er forsøgt i analysen at medtage omkostninger i forbindelse med produktionstekniske forhold ved at lade virksomheden vurdere de eventuelle påvirkninger, der måtte være i forbindelse med indførelsen af den energibesparende foranstaltning, og omkostningsbestemme dem.

Bortskaffelse

Ved nedrivning af komponenten på virksomheden vil der forekomme omkostninger i forbindelse med et eventuelt energiforbrug samt arbejdstimer.

Transport ved bortskaffelse

I forbindelse med bortskaffelsen vil der være transportomkostninger, affaldsafgifter og gebyrer til modtagestationerne. Transportomkostningerne vil ofte være inkluderet i den pris, virksomheden betaler for at skaffe sig af med affaldet. Dette gælder med sikkerhed også affaldsafgifter og -gebyrer.

Er transporten derimod ikke inkluderet, må den lægges til virksomhedens øvrige udgifter forbundet med affaldsbortskaffelsen.

7. Referencer

1. *Inventory of Emissions to the Air from Danish Sources 1972-1992*. Fenhann, J., Kilde, N.A., Forskningscenter Risø, 1994.
2. Personlig samtale med Miljøstyrelsen, juni 1995.
3. *Revision og rådgivning i relation til miljøspørgsmål*. Revision & Regnskabsvæsen, marts 1995.
4. *Statistiske efterretninger 1992:9 Industri og energi*. Danmarks Statistik, 1992.
5. *Ti-års oversigt, Status og tendenser*. Danske Elværkers Forening, 1994.
6. *Notat vedrørende energibesparelspotentialer i CO₂-afgiftfritagede industrivirksomheder*. Energistyrelsen, 1993.
7. *Elbesparelser i industrien*. AKF, 1993.
8. *Energiplan 95*. Energistyrelsen, 1995.
9. *Økoinventare für Energiesysteme*. ENET, 1994.
10. *Livsforløbsanalyser af decentrale kraftvarmeverker*. Buhl Pedersen, P., dk-TEKNIK, 1991.
11. *Packaging and the Environment*. SOU 1991:77. Chalmers Industriteknik, 1991.
12. *Livscyklusmodel til vurdering af nye materialer. Metoder, vurderingsgrundlag og fremgangsmåde*. Schmidt, A., Christiansen, K., Pommer, K. (eds.). dk-TEKNIK, 1994. Det Materiale teknologiske Udviklingsprogram.
13. *Ecobalance methodology for commodity thermoplastics*. Boustead, I., European Centre for Plastics in the Environment, Brussels, 1992.
14. *Erhvervene og energien*. Folketinget, 1995.
15. *Omkostningsopgørelse for miljøeksternaliteter i forbindelse med energiproduktion*. RISØ-R-770(DA). Meyer, H. (et al.). Forskningscenter Risø, 1994.

Del 2

Teknologivurdering og livsforløbsanalyse

1. Den indledende teknologivurdering

1.1 Formål med den indledende teknologivurdering

Den indledende teknologivurdering udføres af virksomheden for at få et overblik over, hvilke konsekvenser der vil være for virksomheden ved indførelse af den energibesparende foranstaltning. Den indledende teknologivurdering påpeger hvilken type af påvirkninger, som den energibesparende foranstaltning vil medføre, dvs. om det er påvirkninger, der har konsekvenser for produktionen, for arbejdsmiljøet, for det ydre miljø o.lign.

Det kan ofte være tilfældet, at der på basis af den indledende teknologivurdering kun identificeres påvirkninger, der udover energibesparelse og investering er ubetydelige for virksomheden, og der er således opnået et tilstrækkeligt beslutningsgrundlag for at træffe beslutning om indførelse af den pågældende energibesparende foranstaltning.

1.2 Vejledning i benyttelse af den indledende teknologivurdering

Den indledende teknologivurdering er opdelt i fire dele: Systembeskrivelse, økonomiske konsekvenser, systembetragtning og resultatvurdering.

Den første del er en systembeskrivelse, i hvilken brugeren gør sig helt klart, hvilke systemer der skal sammenlignes i de efterfølgende skemaer. Det er således væsentligt, at brugeren overvejer, hvilke komponenter der indgår i såvel referencesystemet som det alternative system, for at man opnår en så fyldestgørende sammenligning som muligt.

Efter systembeskrivelsen følger en opgørelse af de direkte økonomiske konsekvenser, der vil være ved overgang fra referencesystemet til det alternative system. Denne indledende økonomiske vurdering kan danne et første overblik over, om det rent økonomisk kan svare sig at indføre et alternativt system som den energibesparende foranstaltning.

Systembetragtningen, der herefter følger, er en metode til at danne sig et overblik over, hvilke konsekvenser der vil være ved overgang fra referencesystemet til det alternative system. Systembetragtningen foretages i et skema, der er opdelt i de væsentligste påvirkninger, der kan være ved overgang fra det ene system til det andet. De forskellige påvirkninger kan have konsekvenser med hensyn til energi, ydre miljø, arbejdsmiljø og økonomi. Metoden hjælper til at vurdere hvilke konsekvenser, de enkelte påvirkninger kan have.

Sidste del af den indledende teknologivurdering er en vurdering af resultatet af systembetragtningen. For at få det fulde udbytte af den indledende teknologivurdering er det her væsentligt, at brugeren overvejer virksomhedens prioritering af de fire konsekvensområder energi, ydre miljø, arbejdsmiljø og økonomi og derefter vurderer, om der sker væsentlige påvirkninger indenfor disse områder. Er dette ikke tilfældet har teknologivurderingen været fyldestgørende nok, til at virksomheden kan træffe beslutning om at indføre den energibesparende foranstaltning.

1.2.1 Systembeskrivelse

Overordnede data for energibesparelsestiltaget og sammenligning med det system, energibesparelsen erstatter (reference-systemet).

1. Hvorfor overvejes det at indføre den energibesparende foranstaltning?

2. Beskrivelse af energibesparelsestiltaget (dvs. de komponenter, energibesparelses-systemet består af):

3. Hvilken type energibesparende foranstaltning er der tale om (en procesændring, en systemændring, udskiftning af en komponent, eller andet)?

4. Beskrivelse af referencesystemet, som energibesparelsen erstatter:

1.2.2 Direkte økonomiske konsekvenser

5. Hvad er værdien af den årlige energibesparelse i kroner i forhold til referencesystemet?

6. Hvad er prisen på energibesparesestiltaget (hele systemet inkl.) i forhold til referencesystemet?

7. Hvad er den simple tilbagebetalingstid?

8. Er der andre væsentlige omkostninger/besparelser, der bør medtages ved første sammenligning af de to systemer?

1.2.3 Systembetragtninger ved sammenligning af referencesystem og energibesparelssystemet.

Skema 1 er opstillet, for at få et overblik over konsekvenserne ved at indføre den energibesparende foranstaltning i det samlede produktionssystem. Konsekvensområderne er i henhold til analysens formål og afgrænsning energi, ydre miljø, arbejdsmiljø og økonomi, svarende til de fire lodrette kolonner i skemaet. De blanke felter skal udfyldes af virksomheden.

Som det fremgår af skemaet, kan en ændring af et givent område have konsekvenser på flere af de fire konsekvensområder. Det vil imidlertid ikke være sikkert, at virksomheden skal udfylde alle de blanke felter. Sker der f.eks. en ændring i emissioner til luft ved indførelsen af den energibesparende foranstaltning, vurderes det, om der skal afkrydses ved miljø eller økonomi, eller evt. begge steder.

Skemaet er udformet med skraverede og blanke felter. Det er kun de blanke felter, der skal udfyldes af virksomheden.

1.2.4 Vejledning i benyttelse af skema 1

Skemaet udfyldes med markeringer efter følgende regler:

- 0 ingen ændring
- + der vil ske en marginal forbedring
- ++ der vil ske en betydelig forbedring
- der vil ske en marginal forværring
- der vil ske en betydelig forværring

Er der f.eks. udsendelse af færre lydsignaler afkrydses der med + eller ++ (afhængigt af hvor stor forbedring, der opnås) i miljø og/eller arbejdsmiljø, mens der ved en udsendelse af flere lydsignaler afkrydses med - eller --.

Da konsekvenserne af indførelsen af den energibesparende foranstaltning ofte ikke kan forudsiges med sikkerhed, er det valgt at lade virksomheden anføre usikkerheden/sikkerheden ved de -'er og +'er, der sættes i skemaet. Usikkerheden angives ved en skala fra A til C:

- A Der er sikkerhed omkring konsekvensen
- B Der er usikkerhed omkring konsekvensen
- C Der er stor usikkerhed omkring konsekvensen.

Er der f.eks. usikkerhed omkring udsendelsen af færre lydsignaler, afkrydses der med + (B), er der sikkerhed omkring nedsættelsen af lydsignaler, afkrydses der med + (A) ved arbejdsmiljø og/eller ydre miljø.

Skemaet kan således benyttes til at vurdere, om indførelsen af energibesparelsetiltaget vil medføre positive eller negative effekter i relation til de 4 parametre, energi, miljø, arbejdsmiljø og økonomi, samt usikkerheden ved effekternes indtræden.

Skemaet er opdelt sådan, at de fire parametre kan vurderes særskilt (de fire lodrette kolonner). Virksomheden kan udfylde en eller flere kolonner alt efter, hvilke områder virksomheden prioriterer.

1.3 Skema for den indledende teknologivurdering

Skema 1. Systembetragtninger ved sammenligning af referencesystem og det alternative system (den energibesparende foranstaltning), (opgørelse af de væsentligste konsekvenser). Skemaet fortsættes næste side.

		Energi	Ydre miljø	Arbejds-miljø	Økonomi
	Forskel i levetid af de to sammenlignelige systemer				
	Forskel i investeringsomkostninger ved de to sammenlignelige systemer				
Påvirkning af produkt	Afsætningsforhold				
	Kassationsprocent				
	Kvalitetsændringer				
	Andet				
Påvirkning af proces-parametre	Forbrug af hjælpestoffer				
	Driftssikkerhed				
	Fleksibilitet				
	Rengøringsbehov				
	Vedligeholdelse				
	Andet				
Påvirkning af organisation og videns-behov	Behov for viden				
	Behov for arbejdskraft				
	Ændring i organisation				
	Andet				
Påvirkning af produktivitet	Produktionskapacitet				
	Arbejdstempo				
	Sygefravær				
	Andet				

Skemaet er en fortsættelse af skema 1 på forrige side

		Energi	Ydre miljø	Arbejds- miljø	Økonomi
Påvirkning af arbejdsmiljø	Kemiske påvirkninger				
	Ergonomiske påvirkninger				
	Psykiske arbejdsmiljøbelastninger				
	Støj, vibrationer inden for virksomheden				
	Termiske belastninger, indeklima				
	Indretning på virksomheden				
	Risiko for arbejdsulykker				
	Andet				
Påvirkning af ydre miljø	Ændring i emissioner til luft				
	Ændring i emissioner til vand				
	Ændring i emissioner til jord				
	Ændring i støjforhold, lugtforhold				
	Ændring i virksomhedens udseende				
	Ændring i spildprodukter				
	Andet				

1.3.1 Betydning af punkterne i skemaet

I det følgende gives en forklaring på, hvilke konsekvenser der kan være, hvis der ved overgang fra referencesystemet til det alternative system opstår forskellige påvirkninger.

Forskel i levetid af de to sammenlignelige systemer

En forskel i levetiden kan påvirke installations- og driftsomkostningerne for de to sammenlignelige installationer og kan således have økonomiske konsekvenser.

Forskel i investeringsomkostninger ved de to sammenlignelige systemer

Forskelle i investeringsomkostninger vil påvirke de årlige afskrivninger, og vil således have økonomiske konsekvenser.

Påvirkning af produkt

Påvirkning af afsætningsforhold

En påvirkning af afsætningsforholdene kan medføre en tilvækst eller et fald i salg af produktet og vil i sådanne tilfælde have økonomiske konsekvenser.

Påvirkning af kassationsprocent

Påvirkning af kassationsprocenten vil have betydning for produktionsomkostningerne og antallet af spildprodukter. Endvidere kan en øget kassationsprocent øge arbejdspresset. En sådan påvirkning kan således få betydning for økonomien, arbejdsmiljøet, energiforbruget og det ydre miljø.

Kvalitetsændringer

Kvalitetsændringer kan medføre en tilvækst eller et fald i salg af produktet og vil således have økonomiske konsekvenser.

Påvirkning af procesparametre

Ændring i forbrug af hjælpestoffer

Et større/mindre forbrug af hjælpestoffer vil have økonomiske konsekvenser.

Ændring i driftssikkerhed

Med driftssikkerhed menes den sikkerhed, der er for, at driften ikke går i stå, f.eks. på grund af et mere kompliceret elektrisk system, hvortil der skal kaldes en reparatør ved eventuelle fejl. Ændringer i driftssikkerhed kan have økonomiske konsekvenser.

Ændring i fleksibilitet

En ændret fleksibilitet kan have økonomisk betydning.

Ændring i rengøringsbehov

Et ændret rengøringsbehov vil ud over at kunne få økonomisk betydning også kunne få betydning for det ydre miljø og arbejdsmiljøet, hvis der f.eks. benyttes større mængder eller andre rengøringsmidler.

Ændring i vedligeholdelse

En ændring i vedligeholdelsen af produktionsapparatet vil have økonomiske konsekvenser. Endelig vil der også kunne forekomme en ændring af de arbejdsmiljømæssige forhold.

Påvirkning af organisation og vidensbehov

Behov for viden

En ændring i behovet for viden kan medføre ansættelse eller afskedigelse af medarbejdere eller større krav til medarbejdere og kan således få økonomiske og arbejdsmiljømæssige konsekvenser.

Behov for arbejdskraft

En ændring i behovet for arbejdskraft vil have økonomiske konsekvenser ved nyansættelser eller fyringer.

Ændring i organisation

En ændring i organisationen vil kunne få økonomiske og arbejdsmiljømæssige konsekvenser.

Påvirkning af produktivitet

Påvirkning af produktionskapaciteten

En påvirkning af produktionskapaciteten kan f.eks. medføre ændring i omsætningen, hvilket vil have økonomiske konsekvenser.

Påvirkning af arbejdstempoet

En påvirkning af arbejdstempoet kan have betydning for arbejdsmiljøet.

Påvirkning af sygefraværet

En ændring i sygefraværet kan påvirke arbejdsmiljøet både for de arbejdere, sygdommene rammer og for de arbejdere, som må udfylde de sygemeldtes arbejde. Påvirkning af sygefraværet vil også have økonomiske konsekvenser, f.eks. i form af ændrede udgifter i forbindelse med sygedagpenge.

Påvirkning af arbejdsmiljøet

Kemiske påvirkninger

Ændringer i kemiske påvirkninger kan medføre ændringer i lugtgener eller irritation af luftveje m.m. og kan således have arbejdsmiljømæssige konsekvenser.

Ergonomiske påvirkninger

Ændringer i arbejdsstillinger kan medføre ændrede arbejdsvilkår og kan herigennem påvirke effektiviteten. Kan have arbejdsmiljømæssige og økonomiske konsekvenser.

Psyiske arbejdsmiljøbelastninger

Kan medføre ændrede arbejdsvilkår og dermed ændret effektivitet. Kan have arbejdsmiljømæssige og økonomiske konsekvenser.

Støj, vibrationer inden for virksomheden

Støj og vibrationer i produktionen har betydning for miljøet indenfor virksomheden. En ændring kan have arbejdsmiljømæssige konsekvenser.

Termiske belastninger, indeklima

En ændring i de termiske belastninger kan medføre ændringer i indeklimaet eller installation af nyt opvarmnings- eller køleanlæg. Kan have energimæssige, miljømæssige, arbejdsmiljømæssige og økonomiske konsekvenser.

Ændring i indretning på virksomheden

Kan medføre ændrede arbejdsforhold. Kan have arbejds-miljømæssige og økonomiske konsekvenser, men kan også påvirke energi og miljø, hvis der f.eks. foretages en tilbygning.

Risiko for arbejdsulykker

En ændring i risikoen for arbejdsulykker/arbejdsskader vil have arbejdsmiljømæssige og økonomiske konsekvenser.

Påvirkning af det ydre miljø

Ændring i emissioner til luft

En ændring i luftemissioner kan have betydning for det ydre miljø og kan evt. medføre afgifter. Kan have miljømæssige og økonomiske konsekvenser.

Ændring i emissioner til vand

En ændring i vandemissioner kan have betydning for det ydre miljø og kan evt. medføre afgifter. Kan have miljømæssige og økonomiske konsekvenser.

Ændring i emissioner til jord

En ændring i emissioner til jord kan have betydning for det ydre miljø og kan evt. medføre afgifter. Kan have miljømæssige og økonomiske konsekvenser.

Ændring i støjforhold, lugtforhold uden for virksomheden

Kan have miljømæssige konsekvenser.

Ændring i virksomhedens udseende

En ændring i virksomhedens udseende kan have betydning for miljøet udenfor virksomheden.

Ændring i spildprodukter

En ændring i art og mængde af spildprodukter kan påvirke miljøet og evt. medføre afgifter. En ændring kan også påvirke energiforbruget og økonomien. Kan have miljømæssige, energimæssige og økonomiske konsekvenser.

1.4 Vejledning i vurdering af den indledende teknologivurderings resultat

I det følgende gives en vejledning i, hvordan virksomheden skal vurdere det udfyldte skema i forhold til, hvorvidt det er nødvendigt at gå videre med en livsforløbsanalyse, eller om der allerede på nuværende tidspunkt i analyseforløbet er et klart billede af konsekvenserne af energibesparesestiltaget.

Som en begyndelse er det væsentligt, at virksomheden gør sig klart, hvilke af de fire områder, energi, ydre miljø, arbejdsmiljø og økonomi, der har betydning for, om energibesparesestiltaget bør indføres. Prioriterer virksomheden udelukkende økonomi og energi, kan der ses bort fra ydre miljø og arbejdsmiljøkolonnerne i skemaet. Det vil således kun være fordelingen af +, -, A, B og C'er i energi- og økonomikolonnen, der har betydning for, om energibesparesestiltaget skal indføres.

Prioriterer virksomheden derimod også arbejdsmiljø og/eller ydre miljø, er det en god ide, at virksomheden - inden det udfyldte skema vurderes - gør op med sig selv, hvordan der prioriteres mellem de fire områder. Der er derfor i nedenstående skema lagt op til, at virksomheden afvejer, hvorledes der prioriteres mellem de fire områder.

I hvilken rækkefølge prioriterer virksomheden de 4 parametre: Energi-, miljø, arbejdsmiljø og økonomi?

	Energi
	Miljø
	Arbejdsmiljø
	Økonomi

Set i lyset af ovenstående vurdering foretages en særskilt vurdering af hver af de 4 områder.

Vurderingen foretages ud fra skema 1. Skemaet har fire lodrette kolonner, én for hver af de fire parametre, energi, miljø, arbejdsmiljø og økonomi. Hver parameter vurderes separat, og det er kun de parametre, som virksomheden prioriterer, der vurderes.

Når hver enkelt kolonne/parameter vurderes, foretages der et skøn over antallet af -'er og +'er i kolonnen samt usikkerhederne ved disse.

Skemaet vurderes efter følgende overordnede regler:

- Er der en klar overvægt af -'er eller +'er, vurderes usikkerheden ved disse. Er der ingen nævneværdig usikkerhed, er billedet tydeligt - enten klart positivt eller klart negativt for den energibesparende foranstaltning - og der vil derfor ikke være grund til at gå videre med den videregående livsforløbsanalyse.
- Er der en klar overvægt af -'er eller +'er, men derimod stor usikkerhed ved mange af de -'er eller +'er, der er sat, anbefales det at gå videre med livsforløbsanalysen.
- Er der ikke en helt klar overvægt af enten -'er eller +'er i skemaet anbefales det uden hensyn til usikkerheden at fortsætte med den videregående livsforløbsanalyse.

Ideen med den videregående livsforløbsanalyse er, at hver af de enkelte parametre, energi, miljø, arbejdsmiljø og økonomi kan vurderes i separate livsforløbsanalyser.

Virksomheden vil derfor kunne komme ud for, at det kun er nødvendigt at foretage livsforløbsanalysen for en enkelt eller to af kategorierne, mens billedet allerede ved den indledende teknologivurdering er klart for de øvrige kategorier. Virksomheden vil selvfølgelig også kunne komme ud for, i værste fald at skulle vurdere alle fire kategorier i en udvidet livsforløbsanalyse, eller i bedste fald slet ikke skulle anvende livsforløbsanalysen, hvis billedet allerede ved den indledende teknologivurdering er tydeligt.

Nedenfor er der givet et eksempel på mulighederne af udfaldet af den indledende teknologivurdering på økonomiområdet.

Eksempel: Vurdering af de økonomiske konsekvenser ved energibesparelsetiltaget.

Hvis tilbagebetalingstiden er dårlig, og der derudover vil forekomme andre økonomiske konsekvenser eller andre effekter, der vil være problematiske fra virksomhedens side, bør energibesparelsetiltaget undlades. Der vil ikke være behov for en videregående livsforløbsanalyse.

Hvis tilbagebetalingstiden er dårlig, men der forekommer andre økonomiske effekter, der vil være positive set fra virksomhedens side, bør der fortsættes med en videregående livsforløbsanalyse på økonomiområdet.

Hvis tilbagebetalingstiden er god, men der forekommer andre negative økonomiske konsekvenser, bør der fortsættes med en videregående livsforløbsanalyse på økonomiområdet.

Hvis tilbagebetalingstiden er god, og der derudover forekommer adskillige andre positive økonomiske effekter, kan energibesparelsetiltaget umiddelbart accepteres. Der vil ikke være behov for en videregående livsforløbsanalyse. Det kan imidlertid vælges alligevel at udføre en livsforløbsanalyse for at konkretisere effekten af energibesparelsen.

På lignende facon vurderes det, om der er behov for en videregående livsforløbsanalyse på ydre miljø-, arbejdsmiljø-, og energiområdet, hvis disse områder prioriteres af virksomheden.

2. Livsforløbsanalyse

2.1 Formål med livsforløbsanalysen

Livsforløbsanalysen udføres, når det af en virksomhed overvejes at udskifte en komponent i forbindelse med produktionsprocessen med en energibesparende foranstaltning (EBF), dvs der i de fleste tilfælde vil være tale om en substitution af en teknologi med en anden. Der kan dog også være tale om indførelse af en EBF, som ikke erstatter en anden komponent.

Virksomheden vil i de fleste tilfælde have foretaget en indledende teknologivurdering, hvori der er udpeget de påvirkninger der vil være ved overgang fra referencesystemet til den energibesparende foranstaltning.

Ved hjælp af livsforløbsanalysen er det herefter muligt at vurdere de påvirkninger af energi, miljø, arbejdsmiljø og økonomi, der vil forekomme ved indførelsen af den energibesparende foranstaltning. Det vil kun være i de tilfælde, hvor der sker ændringer, at parametrene (påvirkningerne) beregnes, da det er *forskellen* mellem de to teknologier, der beregnes. Herved vil livsforløbsanalysen være mere overskuelig at gennemføre, idet en del parametre vil gå ud mod hinanden.

2.2 Metodisk opbygning og generelle forudsætninger

2.2.1 Principperne i opbygningen og anvendelsen af beregningsskemaerne

De opstillede beregningsskemaer i livsforløbsanalysen er opstillet sådan, at det kun er *forskelle* i de enkelte påvirkninger før og efter indførelsen af EBF i virksomheden, som virksomheden skal angive i skemaerne. Dette betyder, at det kan være nødvendigt, inden skemaerne udfyldes, at virksomheden selv foretager enkelte beregninger, som udtrykker forskellen i de undersøgte påvirkninger ved en eventuel indførelse af EBF.

I sidste ende vil de opnåede resultater af den foretagne livsforløbsanalyse (outputdata) således kunne angive den ændring, der måtte forekomme i de energimæssige, miljømæssige og økonomiske forhold, ved indførelsen af en energibesparende foranstaltning.

Forskellen i værdierne for referencesystemet og EBF angives i skemaet efter følgende udregning:

$$\text{Værdi}_{\text{referencesystem}} - \text{Værdi}_{\text{ny teknologi (EBF)}}$$

Den egentlige livsforløbsanalyse, der skal udføres af virksomheden, består af forskellige beregningsskemaer, der skal udfyldes. Skemaerne er delt op i forhold til de fire konsekvensområder, således at man kan vælge kun at tage hensyn til udvalgte områder ved livsforløbsanalysen. Da mange af udregningerne af emissioner til det ydre miljø afhænger direkte af energiforbruget, er det valgt at gennemgå disse to konsekvensområder i samme beregningsskemaer. Dette betyder dog ikke, at det ved anvendelsen af skemaerne er nødvendigt at opgøre både påvirkninger i energiforbruget og påvirkninger af det ydre miljø. Det er muligt f.eks kun at opgøre forskelle i påvirkninger af energiforbruget i beregningsskemaerne uden også at opgøre påvirkningerne af det ydre miljø.

Livsforløbsanalysen kan således opdeles i følgende beregningsskemaer:

1. Skemaer til beregning af forskelle i energiforbrug og emissioner til ydre miljø.
2. Skemaer til opgørelse af ændringer i arbejdsmiljø.
3. Skemaer til beregning af forskelle i økonomi, herunder investeringsomkostninger og omkostninger i driften.

Skemaerne er opbygget således, at virksomheden udfylder de tomme søjler i skemaerne med de virksomhedsspecifikke data (inputdata). Herefter er der i hvert felt i skemaerne angivet, hvorledes de enkelte energiforbrug, emissioner, omkostninger, osv. beregnes for hvert enkelt led i livsforløbet. Til sidst summeres alle energiforbrug, alle emissioner, alle omkostninger, osv i et endeligt skema.

Der vil til alle beregningsskemaerne høre en vejledning, som er placeret umiddelbart inden præsentationen af skemaerne. Det vil her blive gennemgået, hvordan skemaerne benyttes specifikt i forhold til det enkelte konsekvensområde. Til skemaet for energi- og emissionsopgørelse er der to vejledninger, en for opgørelsen af energi, og en for opgørelsen af emissioner og andre miljøeffekter.

Med hensyn til arbejdsmiljø vil der i analysen ikke forekomme beregningsskemaer på samme måde som i de to andre kategorier. Skemaerne vil istedet kunne benyttes til at nuancere de kritiske forhold, der er blevet påpeget ved den indledende teknologivurdering. Nuanceringen består af en yderligere specifikation af, hvad det er for arbejdsmiljøbelastninger, der er identificeret. Dette kan sidenhen benyttes til i samarbejde med BST at analysere de udpegede potentielt forøgede arbejdsmiljøbelastninger med henblik på at identificere mulige effekter og muligheder for forebyggelse.

Det er op til virksomheden at afgøre hvilke af de fire konsekvensområder (energi, miljø, økonomi, arbejdsmiljø), der ønskes belyst, og således hvilke af skemaerne, der skal benyttes.

2.2.2 Generelle forudsætninger for anvendelsen af livsforløbsanalysen

Der skal i livsforløbsanalysen tages hensyn til, at levetiden for referencesystemet og den alternative foranstaltning (EBF) ikke nødvendigvis er ens. Dette vil have betydning for beregningen af data angående fremstilling og bortskaffelse af referencesystemet og EBF, da netop fremstillingen og bortskaffelsen kun foretages én gang i løbet af komponentens levetid. Forskellen i levetiden for de to komponenter har ikke indflydelse på de driftsspecifikke data. (Driftsspecifikke data angives pr. driftsår).

For at kompencere for eventuelt forskellige levetider for de to teknologier, er det valgt at udtrykke energiforbrug, emissioner og omkostninger ved fremstillingen og bortskaffelsen af EBF *pr. levetidsår*, således at data fra de to teknologier kan sammenholdes, og virksomheden kan beregne de forskelle, der måtte være på de enkelte områder, og anføre dem i skemaerne. Det er vigtigt at påpege, at de input, som virksomheden skal angive i skemaerne angående anskaffelse og bortskaffelse af EBF, *skal angives pr levetidsår*. Dette betyder, at virksomheden vil være nødsaget til først at beregne data pr. levetidsår (f.eks. investeringsomkostninger/levetidsår) for referenceteknologien og EBF, for derefter at beregne forskellen og anføre dette tal i skemaet.

I tilfælde hvor der er en restlevetid på referencesystemet, skal der tages højde for denne ved såvel beregningen af energiforbrug, emissioner samt investering. Dette gøres ved at addere energien til fremstilling af referenceteknologien ganget med restlevetiden divideret med levetiden for

referenceteknologien og energien til fremstilling af den energibesparende foranstaltning. Dette energiforbrug divideres med levetiden for den energibesparende foranstaltning. Emissionerne udregnes på baggrund af dette energiforbrug. Tilsvarende tillægges investeringen for den energibesparende foranstaltning restinvesteringen for referenceteknologien divideret med levetiden for referenceteknologien. Investeringen divideres herefter med levetiden for den energibesparende foranstaltning, jvfr. ovenstående afsnit.

De driftsspecifikke data angives *pr. driftsår*. Dette kan imidlertid give anledning til misforhold i beregningerne, hvis f.eks. indførelsen af EBF giver anledning til en øget kapacitet og/eller en omsætningsstigning i virksomheden.

I de tilfælde, hvor indførelsen af EBF vil give anledning til en ændring i virksomhedens samlede kapacitet, og at virksomhedens omsætning bliver påvirket heraf, må der tages højde for dette i de beregninger, virksomheden foretager inden udfyldelsen af beregningsskemaerne. Nedenstående eksempel viser hvordan.

For en direkte brug af beregningsskemaerne er det altså en forudsætning, at indførelsen af EBF ikke giver anledning til en nævneværdig ændring i virksomhedens samlede kapacitet og omsætning.

Eksempel (råvareudgifter):

Det antages, at den energibesparende foranstaltning giver anledning til en samlet kapacitets- og produktionsforøgelse på virksomheden, der svarer til en kapacitet på halvdelen gange kapaciteten/produktionen før indførelsen af EBF. I dette eksempel har EBF ud over at være energibesparende også medført en større udnyttelse af råvarerne, således, at råvareforbrug pr. produceret komponent er reduceret. Derfor er det kun nødvendigt at øge råvareforbruget med 40% selvom produktionen øges med 50%.

Følgende antages således omkring virksomhedens råvareforbrug:

Råvareforbrug før indførelsen af EBF: 10.000 stk./år á 10 kr

Råvareforbrug efter indførelsen af EBF: 14.000 stk./år á 10 kr

Råvarerudgifter før indførelsen af EBF: 100.000 krl/år

Råvareudgifter efter indførelsen af EBF: 140.000 krl/år

Forskellen i råvareforbruget pr år beregnes til: $(140.000/1,5) - 100.000 = - 6.667$ krl/år

Der vil således være en besparelse på 6.667 krl/år i råvareudgifter ved indførelse af EBF. Besparselsen indføres som input af virksomheden i beregningsskemaerne.

På lignende måde korrigeres der for kapacitetsændringen/ændringen i produktionens størrelse m.m. for andre parametre. Eksemplet gælder både for udfyldelsen af skemaerne til opgørelsen af ændringer i økonomi og for skemaerne til opgørelsen af ændringer i energiforbrug og miljø.

2.3 Vejledning i benyttelse af metode for energiopgørelse

I den egentlige livsforløbsanalyse opgøres forskellen i energiforbrug ved den energibesparende foranstaltning og referencen for følgende faser: Fremstillingsfasen, driftsfasen samt bortskaffelsesfasen (installationsfasen er her indregnet under fremstillingsfasen). Energiforbruget i disse faser kan opgøres på følgende elementer:

Energiforbrug ved fremstillingsfasen

- Energiforbrug til fremstilling og forarbejdning af materialer
- Energiforbrug til fremstilling af bygning

Energiforbrug ved driftsfasen

- Energiforbrug ved driften
- Energiforbrug i forbindelse med materialeforbrug
- Energiforbrug til transport af affald
- Energiindhold i affald til forbrænding
- Energiindhold i olie- og kemikalieaffald

Energiforbrug ved bortskaffelsesfasen

- Energiforbrug på virksomheden ved bortskaffelse af komponenten
- Energiforbrug til transport af komponenten
- Energiindhold i affald til forbrænding
- Energiindhold i olie- og kemikalieaffald

De respektive energiforbrug vil blive behandlet i de nævnte faser i det følgende.

2.3.1 Energiforbrug ved fremstillingsfasen

Energiforbrug til fremstilling og forarbejdning af materialer

Det totale energiforbrug ved fremstilling, forarbejdning og transport af 1 kg materiale fra udvindingen af råstoffer til anbringelse af komponenten på virksomheden, er som følger af tabel 2.3.1.

Tabel 2.3.1 Energiforbrug ved benyttelse af 1 kg materiale

Materiale	Stål	Støbejern	Aluminium	Kobber	Bly	Zink	PVC
Total (MJ/kg)	20,7-30,6	36,3	32,5-45,8	78,2	35,6	73	38,2
Materiale	Andet plast	Gummi	Float-glas	Emballageglas	Træbrædder	Træplader	
Total (MJ/kg)	45,7	40,3	9,3	8,1	2-4,6	10	

Energiforbruget for isoleringsmaterialer opgives pr. m³ materiale.

Tabel 2.3.2 Energiforbrug ved benyttelse af 1 m³ materiale

Materiale	Stenuld	Glasuld
Total (MJ/m ³)	336	229

Virksomheden angiver forskellen i materialeforbrug til fremstilling af referenceteknologien og den energibesparende foranstaltning som input i beregningsskemaerne.

Energiforbrug til fremstilling af bygning

Er det nødvendigt at tilbygge eller opføre en ny bygning i forbindelse med indførelsen af EBF, skal energiforbruget hertil medregnes i analysen. Er nybygning ikke aktuel, springes punktet over. Energiforbruget i forbindelse med nybygning er angivet i tabel 2.3.3.

Tabel 2.3.3 Energiforbruget ved fremstilling af en m² nybygning

	Energiforbrug (MJ/m ²)
Fremstilling af bygning	1544

Virksomheden anfører antallet af m² nybygning som input i beregningsskemaerne.

2.3.2 Energiforbrug ved driftsfasen

Energiforbrug ved driften

Det årlige energiforbrug under drift efter indførelse af den energibesparende foranstaltning opgøres i forhold til referenceforbruget. Forskellen i energiforbruget angives af virksomheden som input i beregningsskemaerne.

Energiforbrug i forbindelse med materialeforbrug

Materialeforbrug ved drift omfatter samme materialer som under fremstillingsfasen, og energiforbruget ved fremstilling af disse materialer fremgår således af tabel 2.3.1. Derudover kan der være brug af smørelie o.lign., men disse mængder er vurderet at være så små, at der ses bort fra energiforbruget hertil.

Virksomheden angiver forskellen i materialeforbruget i driften mellem referencesystem og EBF som input i beregningsskemaerne.

Transport af affald fra driften

Energiforbruget til transport af materialer til deponering, forbrænding og genanvendelse fremgår af tabel 2.3.4. Transporten antages at foregå med lastvogne med diesel som brændstof. I tabellen er energiforbruget opgivet pr. tonkm.

Tabel 2.3.4. Energiforbruget ved transport af materialer, "andet affald" samt affald til Kommunekemi - angivet pr. tonkm

Transportmiddel	Energiforbrug (MJ/tonkm)
Lastvogn (diesel)	1,7

Virksomheden angiver forskellen i mængden af materialer, "andet affald" og i mængden af affald til Kommunekemi mellem referencesystemet og den energibesparende foranstaltning, samt afstanden til bortskaffelsesstedet som input i beregningsskemaerne.

Energiindhold i affald til forbrænding

Gummi, plast og træ er alle materialer, der kan forbrændes og har således et vist energiindhold, der skal tilgodeses. Energiindholdet er angivet i tabel 2.3.5.

Tabel 2.3.5 Energiindhold i materiale til forbrænding

Materiale til forbrænding	Energiindhold(MJ/kg)
PVC	40
Andet plastaffald	40
Gummi	20-40
Træbrædder	14,7
Træplader	15,1

Virksomheden angiver forskellen i mængden af materiale til forbrænding ved referencesystemet og den energibesparende foranstaltning som input i beregningsskemaerne.

Energiindhold i olie- og kemikalieaffald

Olie- og kemikalieaffald bringes til Kommunekemi, hvor det afbrændes. Energiproduktionen ved denne forbrændingsproces medregnes i livsforløbsanalysen. Da det ikke er lykkedes at fremskaffe energiindholdet for hver enkelt affaldsfraktion, som bortskaffes via Kommunekemi, er der angivet et samlet energiindhold ved afbrænding af blandet affald på Kommunekemi. Energiindholdet fremgår af tabel 2.3.6.

Tabel 2.3.6. Energiindholdet i affald til forbrænding på Kommunekemi (ref.7)

Affald til Kommunekemi	Energiindhold (MJ/kg)
Olie- og kemikalieaffald	5,1

Virksomheden angiver forskellen i mængden af affald til Kommunekemi ved referencesystemet og EBF som input i beregningsskemaerne.

2.3.3 Energiforbrug ved bortskaffelsesfasen

Energiforbrug på virksomheden ved bortskaffelse af komponenten

Forskellen i den energi, der forbruges på virksomheden til demontering af EBF og referenceteknologien, opgives som input i beregningsskemaerne.

Energiforbrug til transport af komponenten

Forskellen i energiforbruget ved transport af den skrottede komponent til bortskaffelse beregnes efter samme princip som beskrevet under afsnittet "Transport af affald fra driften". Energiforbruget ved transport til bortskaffelse fremgår af tabel 2.3.4 i det omtalte afsnit.

Virksomheden angiver forskellen i mængden af materialer, der skal transporteres til bortskaffelse af referencesystemet og den energibesparende foranstaltning, som input i beregningsskemaerne.

Energiindhold i affald til forbrænding

Forskellen i energiproduktionen ved affaldsforbrænding i forbindelse med bortskaffelse af referenceteknologien og EBF beregnes efter samme principper som beskrevet i afsnittet "Energiindhold i affald til forbrænding". Energiindholdet i materialerne fremgår af tabel 2.3.5 i det omtalte afsnit.

Virksomheden angiver forskellen i materialer til forbrænding ved bortskaffelse af referenceteknologien og den energibesparende foranstaltning som input i beregningsskemaerne.

Energiindhold i olie- og kemikalieaffald

Forskellen i energiproduktionen beregnes efter samme principper som beskrevet i afsnittet "Energiindhold i olie- og kemikalieaffald". Energiindholdet fremgår af tabel 2.3.6 i det omtalte afsnit.

Virksomheden angiver forskellen i affaldsmængden til Kommunekemi ved bortskaffelse af referencesystemet og den energibesparende foranstaltning som input i beregningsskemaerne.

2.4 Vejledning i benyttelse af metode for miljøopgørelse

I den egentlige livsforløbsanalyse opgøres forskellen i emissioner ved referencen og den energibesparende foranstaltning for følgende faser: Fremstillingsfasen, driftsfasen samt bortskaffelsesfasen (installation er medtaget under fremstillingsfasen). Emissionerne ved disse faser kan opgøres på følgende elementer:

Emissioner ved fremstillingsfasen

- Fremstilling og forarbejdning af materialer
- Fremstilling af bygning

Emissioner ved driftsfasen

- Emissioner ved energiforbrug
- Emissioner ved materialeforbrug
- Emissioner ved transport af affald
- Emissioner fra affald til forbrænding
- Emissioner fra olie- og kemikalieaffald

Emissioner ved bortskaffelsesfasen

- Emissioner ved energiforbrug på virksomheden ved bortskaffelse af komponenten
- Emissioner ved transport af komponenten
- Emissioner fra affald til forbrænding
- Emissioner fra olie- og kemikalieaffald

Ud over disse emissioner medtages følgende miljøpåvirkninger ved driftsfasen:

- Andre luftemissioner fra virksomheden (ud over de energirelaterede)
- Støjgener fra virksomheden
- Lugtgener fra virksomheden
- Evt. synlige forhold ved virksomheden, der belaster miljøet
- Virksomhedens vandforbrug

- Virksomhedens materialeforbrug (rå- og hjælpestoffer)
- En omtale af spildevand

De respektive emissioner og miljøforhold vil blive behandlet i de nævnte faser i det følgende.

2.4.1 Emissioner ved fremstillingsfasen

Fremstilling og forarbejdning af materialer

De energirelaterede emissioner ved råvareudvinding, transport til forarbejdning, forarbejdning og transport til virksomhed af 1 kg materiale fremgår af tabel 2.4.1.

Tabel 2.4.1 Emissionsopgørelse pr kg fremstillet, transporteret og forarbejdet materiale

	SO ₂ (g)	NO _x (g)	CO ₂ (g)	N ₂ O (g)	CH ₄ (g)	NMVOC (g)	CO (g)
Stål	12,06-17,09	8,00-10,97	1871-2742	0,06-0,08	0,03-0,05	0,10-0,12	0,88-0,98
Støbejern	14,76	9,09	3114	0,09	0,06	0,13	1,56
Aluminium	17,62-23,94	11,53-15,46	2866-4001	0,09-0,12	0,05-0,08	0,11-0,14	0,78-0,92
Kobber	35,79	23,37	6536	0,19	0,16	0,20	1,42
Bly	18,37	20,35	2953	0,09	0,07	0,55	3,91
Zink	47,67	36,19	6648	0,21	0,12	0,60	4,27
PVC	15,01	10,75	3113	0,09	0,07	0,12	0,73
Andet plast	23,18	14,96	3941	0,12	0,08	0,12	0,80
Gummi	16,32	10,87	3398	0,10	0,06	0,10	0,75
Float-glas	1,09	2,63	581	0,01	0,03	0,08	0,46
Emballage-glas	1,80	2,70	551	0,01	0,03	0,07	0,45
Træbrædder	0,85-1,30	1,00-1,46	184-431	0,01-0,02	0,02-0,07	0,05-0,13	0,28-0,55
Træplader	2,49	2,55	961	0,03	0,19	0,30	1,13

Emissioner for isoleringsmaterialer opgives pr. m³ materiale, jvfr. tabel 2.4.2.

Tabel 2.4.2 Emissionsopgørelse pr m³ fremstillet, transporteret og forarbejdet materiale

	SO ₂ (g)	NO _x (g)	CO ₂ (g)	N ₂ O (g)	CH ₄ (g)	NMVOC (g)	CO (g)
Stenuld	6,17	2,91	1043	0,03	0,02	0,03	0,74
Glasuld	5,07	4,04	1008	0,03	0,03	0,05	0,28

Virksomheden angiver forskellen i materialeforbruget pr. levetidsår som input i beregningsskemaerne.

Fremstilling af bygning

Emissioner fremkommet som følge af den energi, der forbruges til fremstilling af en m² bygning, fremgår af tabel 2.4.3.

Tabel 2.4.3. Emissionsopgørelse pr. m² nybygning

	SO ₂ (g/m ²)	NO _x (g/m ²)	CO ₂ (g/m ²)	N ₂ O (g/m ²)	CH ₄ (g/m ²)	NMVOC (g/m ²)	CO (g/m ²)
Nybygning	695	438	130.355	3,82	2,77	2,77	16,88

Antallet af tilbyggede m² i forbindelse med indførelsen af EBF angives af virksamheden som input i beregningsskemaerne.

2.4.2 Emissioner ved driftsfasen

Emissioner ved energiforbrug

Den elektricitet, der anvendes i industrien er primært produceret på offentlige værker (94 %), mens resten er produceret af industrielle egenproducenter. Det skønnes her i projektet, at brændselsforbruget til egenproduktion af elektricitet i industrien er fordelt med 50% kul, 10% olie og 40% naturgas bedømt ud fra gældende forhold. Brændselsforbruget for elproduktion på offentlige værker er fordelt på 95,2% kul, 3,2% olie og 1,2% naturgas (ref.1).

Den fjernvarme, der anvendes i industrien, er overvejende produceret på offentlige kraftvarmeværker eller på offentlige fjernvarmecentraler. Det antages, at fjernvarmeværkerne udelukkende benytter naturgas som brændsel. Derudover kan industrivirksomhederne have deres eget kedelanlæg baseret på koks, olie, naturgas eller evt. biomasse. Emissionsdata til brug for energiforbruget bliver således følgende:

Tabel 2.4.4 Emissionsopgørelse pr. GJ energiproduktion

		SO ₂ (kg/GJ)	NO _x (kg/GJ)	CO ₂ (kg/GJ)	N ₂ O (kg/GJ)	CH ₄ (kg/GJ)	NMVOC (kg/GJ)	CO (kg/GJ)
Fjernvarme		0,0003	0,150	56,90	0,001	0,004	0,004	0,013
Egen- produktion	biomasse	0,025	0,130	102,00	0,004	0,0320	0,0480	0,160
	koks	0,68	0,200	102,00	0,003	0,0015	0,0015	0,097
	olie	0,094	0,100	74,00	0,002	0,0015	0,0015	0,012
	naturgas	0,0003	0,100	56,90	0,001	0,0040	0,0040	0,013
Offentlig	elektricitet	0,683	0,393	93,49	0,003	0,002	0,002	0,010
Egenproduceret	elektricitet	0,302	0,150	66,77	0,002	0,009	0,009	0,055

Emissioner ved materialeforbrug

Beregning af emissioner som følge af materialeforbruget under driften vil være baseret på samme principper, som beskrevet i afsnittet "Fremstilling og forarbejdning af materialer" (under fremstillingsfasen). Emissionerne ved udvinding, transport og forarbejdning fremgår således af tabel 2.4.1 i omtalte afsnit.

I forbindelse med materialeforbruget i driftsfasen, er det dels selve råvareforbruget, der opgøres som en miljøpåvirkning i analysen, dels de emissioner, der er opstået som følge af udvinding, transport og forarbejdning.

Virksomheden angiver forskellen i materialeforbruget ved referencesystemet og EBF som input i beregningsskemaerne.

Emissioner ved transport af affald

Det er antaget, at transport af affald, der er opstået som led i driften, til deponering, forbrænding og genanvendelse foregår med diseldrevet lastbil. Emissionerne ved transport af 1 ton materiale 1 km er angivet i tabel 2.4.5.

Tabel 2.4.5 Emissioner ved transport af affald i pr ton materiale transporteret 1 km

	SO ₂ (g/tkm)	NO _x (g/tkm)	CO ₂ (g/tkm)	N ₂ O (g/tkm)	CH ₄ (g/tkm)	NMVOC (g/tkm)	CO (g/tkm)
Lastbils-transport	0,160	1,666	125,8	0,005	0,011	0,3371	1,710

Virksomheden angiver forskellen i mængden af affald ved referencesystemet og EBF samt antallet af kørte km som input i beregningsskemaerne.

Emissioner fra affald til forbrænding

De materialer, som antages at blive bortskaffet ved forbrænding er træ, gummi og plast. Gummi og plast afbrændes på affaldsforbrændingsanlæg sammen med andet affald, og det er disse emissionsfaktorer, der benyttes, da det ikke er muligt at fremskaffe emissionsdata udelukkende for forbrænding af gummi og plast. Emissionsfaktorene ved forbrænding af 1 kg materiale er angivet i tabel 2.4.6. Materialeerne tilskrives forskellig brændværdi, hvorfor der er forskel i emissionerne ved forbrænding af eksempelvis træbrædder og træplader.

Tabel 2.4.6 Emissioner ved affaldsforbrænding af 1 kg materiale

	SO ₂ (g/kg)	NO _x (g/kg)	CO ₂ (g/kg)	N ₂ O (g/kg)	CH ₄ (g/kg)	NMVOC (g/kg)	CO (g/kg)
PVC	3,6	6	4680	0,16	0,24	0,36	87,52
Andet plast	3,6	6	4680	0,16	0,24	0,36	87,52
Gummi	1,8-3,6	3-6	2340-4680	0,08-0,16	0,12-0,24	0,18-0,36	43,76-87,52
Træbrædder	0,377	2,009	0*	0,059	0,471	0,725	2,453
Træplader	0,387	2,061	0*	0,061	0,484	0,745	2,517

* Ved forbrændingen af træ fremkommer en CO₂ emission. Denne CO₂ emission ses der imidlertid bort fra, idet den absorberes igen når træ vokser op påny. Det antages således, at afbrændingen af træ er CO₂ -neutral.

Ud over de her nævnte emissioner vil der ved forbrænding af PVC være udslip af bl.a. dioxiner, chlorholdige forbindelser (specielt HCl) samt bly og cadmium. Ved forbrænding af 1 kg PVC fraspaltes ca. ½ kg HCl (ref.3). Dette medtages dog ikke i skemaerne (jvfr afgrænsningen i del 1).

Virksomheden angiver forskellen i mængden af affald fra driftsfasen ved referencesystemet og EBF, som input i beregningsskemaerne. Herefter beregnes ud fra de givne antagelser omkring affaldsbortskaffelsen, hvor store mængder af de forskellige materialer, der går til forbrænding (de resterende mængder genanvendes). I kolonnen "andet affald" angiver virksomheden mængden af affald af andre materialegrupper, som virksomheden sender til forbrænding.

Emissioner fra olie- og kemikalieaffald

Olie- og kemikalieaffald afleveres til Kommunekemi, hvor det forbrændes. Emissioner ved forbrændingen registreres under et hos Kommunekemi og vil derfor ikke blive delt yderligere op i projektet. Der er fra Kommunekemis side, ud over sporstoffer, kun opgjort de emissioner, der er angivet i tabel 2.4.7.

Tabel 2.4.7 Emissioner ved forbrænding af affald på Kommunekemi (ref.7)

	SO ₂ (g/kg)	NO _x (g/kg)	CO ₂ (g/kg)	CO (g/kg)
Affald til Kommunekemi	1,39	0,46	1114	0,14

Virksomheden angiver forskellen i affaldsmængden til Kommunekemi ved referencesystemet og den energibesparende foranstaltning som input i beregningsskemaerne.

Andre emissioner til luften

“Andre emissioner til luften” dækker over de luftemissioner, virksomheden udsender, som ikke er energirelaterede. “Andre luftemissioner” dækker således over et bredt spektrum af stoffer, som virksomheder i industrien udleder idag. Det er ikke i analysen specificeret, hvilke specifikke stoffer, der kan være tale om, men der er referet til Miljøstyrelsens Vejledning nr. 6, 1990, som inddeler emissionerne i to hovedgrupper (ref.4).

Virksomheden vil i de fleste tilfælde være klar over, hvilke udledninger til luften den har, og hvilke der eventuelt vil ændres i forhold til referencesystemet ved indførelse af en EBF. Det er op til virksomheden at gruppere de luftemissioner, virksomheden giver anledning til, ind under disse hovedgrupper i skemaerne.

Skemaerne vil ikke være af kvantitativ art, da det ofte kan være svært at vurdere, hvor store mængder, der vil være tale om. Derfor skal skemaet udfyldes efter et +/- system.

Støj

Støjbelastningen fra virksomheden ved referencesystemet og ved indførelse af den energibesparende foranstaltning opgøres og sammenholdes med vejledende grænseværdier for støjbelastning fra virksomheder målt udendørs.

Tabel 2.4.8 Vejledende grænseværdier for støjbælastning udendørs (ref.5)

	Hverdage, dagtimer	Hverdage, aften timer, Weekend, dag-og aften timer	Alle dage, nattetimer
Erhvervs- og industriområder	70 dB(A)	70 dB(A)	70 dB(A)
Erhvervs- og industriområder med forbud mod generende virksomheder	60 dB(A)	60 dB(A)	60 dB(A)
Blandet bolig- og erhvervs-bebyggelse, centerområder	55 dB(A)	45 dB(A)	40 dB(A)
Etageboligområder	50 dB(A)	45 dB(A)	40 dB(A)
Områder for lav og åben bebyggelse	45 dB(A)	40 dB(A)	35 dB(A)
Sommerhusområder, offentlige rekreative områder	40 dB(A)	35 dB(A)	35 dB(A)

Grænseværdierne gælder for støjniveauet målt ude i de respektive områder og er således ikke direkte den støj der udsendes fra virksomheden.

Lugt

Med hensyn til lugtudsendelse til det ydre miljø skelnes der ikke mellem forskellige lugtende komponenter. Lugten opgøres i lugtenheder, og det acceptable niveau ligger på mellem 5 og 10 lugtenheder pr. m³ alt afhængigt af lugtens art (ref.6).

Skemaerne vil ikke være af kvantitativ art, da det ofte kan være svært at vurdere, hvor store mængder, der vil være tale om. Derfor skal skemaet udfyldes efter et +/- system.

Evt. synlige effekter, der belaster det ydre miljø

Forekommer der synlige effekter i forbindelse med indførelse af den energibesparende foranstaltning, der vil belaste det ydre miljø, opgives disse effekter, men de vil ikke blive behandlet yderligere i livsforløbsanalysen.

Vandforbrug

Vandforbruget betragtes også som en miljøpåvirkning. Virksomheden angiver forskellen i det årlige vandforbrug ved referencesystemet og den energibesparende foranstaltning i beregningsskemaerne.

Spildevand

Der kan forekomme emissioner i forbindelse med udledning af spildevand. Disse emissioner medtages ikke i livsforløbsanalysen, da det forudsættes, at virksomheden efter lov har en udledningstilladelse eller er tilsluttet et kommunalt spildevandsanlæg og i denne forbindelse har en afledningstilladelse. I sidstnævnte tilfælde forudsættes det, at også det kommunale spildevandsanlæg overholder udledningskravene. Er der opnået enten udledningstilladelse eller afledningstilladelse, vil der ifølge myndighederne ikke forekomme skadelige påvirkninger af vandmiljøet, og det forudsættes derfor her, at der ikke er nogle påvirkninger af miljøet, hvis tilladelserne opnås/er opnået.

Hvis indførelsen af en energibesparende foranstaltning påvirker spildevandskvaliteten negativt, er det efter lov bestemt, at virksomheden skal opnå en ny tilladelse. Det vil imidlertid kun i meget få situationer være tilfældet, at indførelsen af renere teknologi/ en EBF vil have negativ effekt på miljøet, så i de allerfleste tilfælde vil virksomheden ikke behøve at behandle spildevandsområdet yderligere. Skulle det alligevel være tilfældet, må virksomheden i samarbejde med kommunen eller amtet vurdere påvirkningernes omfang i relation til den tilladelse virksomheden havde før indførelsen af den energibesparende foranstaltning . Udladning af spildevand behandles derfor ikke yderligere i opgørelsen af påvirkninger af det ydre miljø.

2.4.3 Emissioner ved bortskaffelsesfasen

Emissioner ved energiforbrug på virksomheden ved bortskaffelse af komponenten

Den energi, der forbruges under bortskaffelsen, vil hovedsageligt være el. Derudover kan der ved bortskaffelsen på selve virksomheden medgå energi produceret på virksomheden. Emissionsfaktorerne fremgår af tabel 2.4.4.

Ved energiforbruget ved bortskaffelse angiver virksomheden forskellen i det energiforbrug, der eventuelt vil være på virksomheden i forbindelse med bortskaffelse af de to teknologier, som input i beregningsskemaerne.

Emissioner ved transport af komponenten

Emissionerne ved transport fremgår af tabel 2.4.5 i afsnittet "Emissioner ved transport af affald". Virksomheden angiver forskellen mellem affaldsmængden ved bortskaffelse af referencesystemet og den energibesparende foranstaltning som input i beregningsskemaerne.

Emissioner fra affald til forbrænding

Som affald, der går til forbrænding ved bortskaffelse, medtages gummi, træ og plast. Emissionerne ved forbrænding af disse materialer fremgår af tabel 2.4.6. Derudover vil der ved forbrændingen af gummi og plast som tidligere nævnt være udslip af bl.a. dioxiner, chlorholdige forbindelser (specielt HCl) samt bly og cadmium.

Virksomheden angiver forskellen mellem affaldsmængden ved bortskaffelse af referenceteknologien og EBF som input i beregningsskemaerne.

Emissioner fra olie- og kemikalieaffald

Virksomheden angiver forskellen mellem affaldsmængden til Kommunekemi ved bortskaffelse af referencesystemet og EBF som input i beregningsskemaerne. Emissionerne beregnes ud fra tabel 2.4.7 i afsnit 2.4.2.5 "Emissioner fra olie- og kemikalieaffald".

2.5 Skema for energi- og emissionsopgørelse

2.5.1 Forskelle i virksomhedens materialeforbrug og vandforbrug

Skema 1. Forskel mellem reference og EBF i det samlede materialeforbrug gennem livsforløbet samt vandforbrug ved installation og drift. Isolering angives i m³/år. (Forskellen kan være negativ, og angives negativt). Forskel i det samlede materialeforbrug overføres til skema 2 og 12.

	Forskel i materialeforbrug ved prod. af EBF (kg/år*) 1	Forskel i materialeforbrug ved installation (kg/år*) 2	Forskel i materialeforbrug ved drift (kg/år) 3	Forskel i det samlede materialeforbrug (kg/år) 4
Stål	A			A1+A2+A3
Støbejern	B			B1+B2+B3
Aluminium	C			C1+C2+C3
Kobber	D			D1+D2+D3
Bly	E			E1+E2+E3
Zink	F			F1+F2+F3
PVC	G			G1+G2+G3
Andet plast	H			H1+H2+H3
Gummi	I			I1+I2+I3
Float-glas	J			J1+J2+J3
Emballageglas	K			K1+K2+K3
Træbrædder	L			L1+L2+L3
Træplader	M			M1+M2+M3
Stenuld	N			N1+N2+N3
Glasuld	O			O1+O2+O3
Vandforbrug	P			P2+P3

* levetidsår for hver teknologi.

Skema 2. Forskelle i energiforbrug og emissioner beregnet ud fra den samlede forskel i materialeforbruget (skema 1). Er tallene negative, skal de angives negativt, angiver, at der er tale om et interval. Isolering angives i m³/år.

	Forskel i materiale- forbrug (kg/år) 1	Energi- forbrug (MJ/år) 2	Forskel i SO ₂ (g/år) 3	Forskel i NO _x (g/år) 4	Forskel i CO ₂ (g/år) 5	Forskel i N ₂ O (g/år) 6	Forskel i CH ₄ (g/år) 7	Forskel i NMVOC (g/år) 8	Forskel i CO (g/år) 9
Stål	A1*	(20,7-30,6) [°]	A1*(12,06-17,09) [°]	A1*(8,00-10,97) [°]	A1*(1871-2742) [°]	A1*(0,06-0,08) [°]	A1*(0,03-0,05) [°]	A1*(0,10-0,12)	A1*(0,88-0,98) [°]
Støbejern	B1*	(36,3)	B1*(14,76)	B1*(9,09)	B1*(3114)	B1*(0,09)	B1*(0,06)	B1*(0,13)	B1*(1,56)
Aluminium	C1*	(32,5-45,8) [°]	C1*(17,62-23,94) [°]	C1*(11,53-15,46) [°]	C1*(2866-4001) [°]	C1*(0,09-0,12) [°]	C1*(0,05-0,08) [°]	C1*(0,11-0,14) [°]	C1*(0,78-0,92) [°]
Kobber	D1*	(78,2)	D1*(35,79)	D1*(23,37)	D1*(6536)	D1*(0,19)	D1*(0,16)	D1*(0,20)	D1*(1,42)
Bly	E1*	(35,6)	E1*(18,37)	E1*(20,35)	E1*(2953)	E1*(0,09)	E1*(0,07)	E1*(0,55)	E1*(3,91)
Zink	F1*	(73)	F1*(47,67)	F1*(36,19)	F1*(6648)	F1*(0,21)	F1*(0,12)	F1*(0,60)	F1*(4,27)
PVC	G1*	(38,2)	G1*(15,01)	G1*(10,75)	G1*(3113)	G1*(0,09)	G1*(0,07)	G1*(0,12)	G1*(0,73)
Andet plast	H1*	(45,7)	H1*(23,18)	H1*(14,96)	H1*(3941)	H1*(0,12)	H1*(0,08)	H1*(0,12)	H1*(0,80)
Gummi	I1*	(40,3)	I1*(16,32)	I1*(10,87)	I1*(3398)	I1*(0,10)	I1*(0,06)	I1*(0,10)	I1*(0,75)
Float-glas	J1*	(9,3)	J1*(1,09)	J1*(2,63)	J1*(581)	J1*(0,01)	J1*(0,03)	J1*(0,08)	J1*(0,46)
Emb.glas	K1*	(8,1)	K1*(1,80)	K1*(2,70)	K1*(551)	K1*(0,01)	K1*(0,03)	K1*(0,07)	K1*(0,45)
Træbrædder	L1*	(2-4,6) [°]	L1*(0,85-1,30) [°]	L1*(1,00-1,46) [°]	L1*(184-431) [°]	L1*(0,01-0,02) [°]	L1*(0,02-0,07) [°]	L1*(0,05-0,13) [°]	L1*(0,28-0,55) [°]
Træplader	M1*	(10)	M1*(2,49)	M1*(2,55)	M1*(961)	M1*(0,03)	M1*(0,19)	M1*(0,30)	M1*(1,13)
Stenuld (m ³)	N1*	(336)	N1*(6,17)	N1*(2,91)	N1*(1043)	N1*(0,03)	N1*(0,02)	N1*(0,03)	N1*(0,74)
Glasuld (m ³)	O1*	(229)	O1*(5,07)	O1*(4,04)	O1*(1008)	O1*(0,03)	O1*(0,03)	O1*(0,05)	O1*(0,28)
TOTAL	P								

2.5.2 Tilbygning

Skema 3. Energiforbruget og emissioner ved tilbygning i installationsfasen. (Skema 3 er kun relevant, hvis der skal foretages en tilbygning i forbindelse med installationen af EBF).

	Tilbygget areal (m ² /år*)	Mereenergi-forbrug (MJ/år)	SO ₂ (g/år)	NO _x (g/år)	CO ₂ (g/år)	N ₂ O (g/år)	CH ₄ (g/år)	NM VOC (g/år)	CO (g/år)
Bygning A	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		A1*(1544)	A1*(695)	A1*(438)	A1*(130.355)	A1*(3,82)	A1*(2,77)	A1*(2,77)	A1*(16,88)

*Levetidsår for EBF.

2.5.3 Forskelle i virksomhedens eget energiforbrug

Skema 4. Forskelle mellem referenceteknologien og EBF i virksomhedens eget energiforbrug. (Forskellen kan være negativ, og skal da angives negativt). Forskellen i det samlede energiforbrug overføres til skema 5.

	Forskel i energiforbrug ved installation (MJ/år*)	Forskel i energiforbrug Ved drift (MJ/år)	Forskel i energiforbrug ved skroming (MJ/år)*	Forskel i det samlede energiforbrug (MJ/år)
Fjernvarme	A			A1+A2+A3
Biomasse	B			B1+B2+B3
Koks	C			C1+C2+C3
Olje	D			D1+D2+D3
Naturgas	E			E1+E2+E3
Offentlig elektricitet	F			F1+F2+F3
Egenproduceret elektricitet	G			G1+G2+G3

* Levetidsår for hver teknologi.

Skema 5. Forskelle i emissioner beregnet ud fra forskelle i virksomhedens energiforbrug (skema 4). Er tallene negative, skal de angives negative.

		Forskel i det samlede energiforbrug (MJ/år)	Forskel i SO ₂ (g/år)	Forskel i NO _x (g/år)	Forskel i CO ₂ (g/år)	Forskel i N ₂ O (g/år)	Forskel i CH ₄ (g/år)	Forskel i NMVOC (g/år)	Forskel i CO (g/år)
		1	2	3	4	5	6	7	8
Fjernvarme	A		A1*(0,0003)	A1*(0,150)	A1*(56,90)	A1*(0,001)	A1*(0,004)	A1*(0,004)	A1*(0,013)
Egen- produktion	Biomasse	B	B1*(0,025)	B1*(0,130)	B1*(102,00)	B1*(0,004)	B1*(0,0320)	B1*(0,0480)	B1*(0,160)
	Koks	C	C1*(0,68)	C1*(0,200)	C1*(102,00)	C1*(0,003)	C1*(0,0015)	C1*(0,0015)	C1*(0,097)
	Olie	D	D1*(0,094)	D1*(0,100)	D1*(74,00)	D1*(0,002)	D1*(0,0015)	D1*(0,0015)	D1*(0,012)
	Naturgas	E	E1*(0,0003)	E1*(0,100)	E1*(56,90)	E1*(0,001)	E1*(0,0040)	E1*(0,0040)	E1*(0,013)
Offentlig	elektricitet	F	F1*(0,683)	F1*(0,393)	F1*(93,49)	F1*(0,003)	F1*(0,002)	F1*(0,002)	F1*(0,010)
Egenproduceret	elektricitet	G	G1*(0,302)	G1*(0,150)	G1*(66,77)	G1*(0,002)	G1*(0,009)	G1*(0,009)	G1*(0,055)
TOTAL	H								

2.5.4 Forskelle i virksomhedens affaldsmængder

Skema 6. Forskelle mellem reference og EBF i de samlede affaldsmængder fra drifts- og skrotningsfasen. (Forskellen kan være negativ, og skal da angives negativt) Isolering angives i m³/år. Forskellen i de samlede affaldsmængder overføres til skema 7, 8, 9 og 11.

		Forskel ved installation (kg/år) 1	Forskel ved drift (kg/år) 2	Forskel i de samlede mængder til deponering (kg/år) 3
Affald til deponering og gen- anvendelse	Stål	A		$0,15 * (A1 + A2)$
	Støbejern	B		$0,15 * (B1 + B2)$
	Aluminium	C		$0,05 * (C1 + C2)$
	Kobber	D		$0,60 * (D1 + D2)$
	Bly	E		$0,05 * (E1 + E2)$
	Zink	F		$0,05 * (F1 + F2)$
	Float-glas	G		$(G1 + G2)$
	Emballage-glas	H		$(H1 + H2)$
	Stenuld	I		$(I1 + I2)$
	Glasuld	J		$(J1 + J2)$
		Forskel ved installation (kg/år) 1	Forskel ved drift (kg/år) 2	Forskel i de samlede mængder til forbrænding (kg/år) 4
Affald til for- brænding	Træbrædder	K		$(K1 + K2 + K3)$
	Treplader	L		$(L1 + L2 + L3)$
	PVC	M		$(M1 + M2 + M3)$
	Andet plast	N		$(N1 + N2 + N3)$
	Gummi	O		$(O1 + O2 + O3)$
Kemifaffald		P		$(P1 + P2 + P3)$
Andet affald		Q		$(Q1 + Q2 + Q3)$

Skema 7. Forskelle i energiforbrug og emissioner ved transport af affald fra drifts- og skrotningsfasen.

	Forskel i mængde (ton/år) 1	Afstand (km) 2	Forskel i energiforbrug (MJ/år) 3	Forskel i SO ₂ (g/år) 4	Forskel i NO _x (g/år) 5	Forskel i CO ₂ (g/år) 6	Forskel i N ₂ O (g/år) 7	Forskel i CH ₄ (g/år) 8	Forskel i NMVOC (g/år) 9	Forskel i CO (g/år) 10
Kemiaffald	A		A1*A2*(1,7)	A1*A2*(0,160)	A1*A2*(1,666)	A1*A2*(0,005)	A1*A2*(0,011)	A1*A2*(0,011)	A1*A2*(0,3371)	A1*A2*(1,710)
Andet affald	B		B1*B2*(1,7)	B1*B2*(0,160)	B1*B2*(1,666)	B1*B2*(0,005)	B1*B2*(0,011)	B1*B2*(0,011)	B1*B2*(0,3371)	B1*B2*(1,710)
Til forbrænding	C		C1*C2*(1,7)	C1*C2*(0,160)	C1*C2*(1,666)	C1*C2*(0,005)	C1*C2*(0,011)	C1*C2*(0,011)	C1*C2*(0,3371)	C1*C2*(1,710)
TOTAL	D									

Skema 8. Forskelle i energiproduktion og emissioner ved forbrænding af affald fra drifts- og skrotningsfasen. (Forskellen kan være negativ, og skal da angives negativt).^a angiver, at der er tale om et interval.

	Forskel i affaldsmængde (kg/år) 1	Forskel i energiindhold (GJ/år) 2	Forskel i SO ₂ (g/år) 3	Forskel i NO _x (g/år) 4	Forskel i CO ₂ (g/år) 5	Forskel i N ₂ O (g/år) 6	Forskel i CH ₄ (g/år) 7	Forskel i NMVOC (g/år) 8	Forskel i CO (g/år) 9
PVC	A	A1*(0,040)	A1*(3,6)	A1*(6)	A1*(4680)	A1*(0,16)	A1*(0,24)	A1*(0,36)	A1*(87,52)
Andet plast	B	B1*(0,040)	B1*(3,6)	B1*(6)	B1*(4680)	B1*(0,16)	B1*(0,24)	B1*(0,36)	B1*(87,52)
Gummi	C	C1*(0,020-0,040) ^a	C1*(1,8-3,6) ^a	C1*(3-6) ^a	C1*(2340-4680) ^a	C1*(0,08-0,16) ^a	C1*(0,12-0,24) ^a	C1*(0,18-0,36) ^a	C1*(43,76-87,52) ^a
Træbrædder	D	D1*(0,0147)	D1*(0,377)	D1*(2,009)	D1*(0)*	D1*(0,059)	D1*(0,471)	D1*(0,725)	D1*(2,453)
Træplader	E	E1*(0,0151)	E1*(0,387)	E1*(2,061)	E1*(0)*	E1*(0,061)	E1*(0,484)	E1*(0,745)	E1*(2,517)
Kemiaffald	G	G1*(0,0051)	G2*(1,39)	G2*(0,46)	G2*(1114)	-	-	-	G2*(0,14)
Andet affald	H	H1*(0,040)	H1*(3,6)	H1*(6)	H1*(4680)	H1*(0,16)	H1*(0,24)	H1*(0,36)	H1*(87,52)
TOTAL	I								

* Jævnfør antagelsen om CO₂-neutralitet ved afbrænding af træ.

2.5.5 Endelig opgørelse af energiforbrug og emissioner, ressourceforbrug og fast affald

Skema 9 er en opgørelse af energiforbruget på virksomheden og kan derfor anvendes i virksomhedens grønne regnskaber. Skema 10 er en opgørelse af energiforbruget gennem hele livsforløbet.

Skema 9. Endelig opgørelse af forskelle i energiforbrug og energirelaterede emissioner fra installations-, drifts og bortskaffelsesfasen på virksomheden.

	Forskel i energiforbrug (MJ/år)	Forskel i SO ₂ (g/år)	Forskel i NO _x (g/år)	Forskel i CO ₂ (g/år)	Forskel i N ₂ O (g/år)	Forskel i CH ₄ (g/år)	Forskel i NMVOC (g/år)	Forskel i CO (g/år)
Skema 5	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8

Skema 10. Endelig opgørelse af de samlede forskelle i energiforbrug og energirelaterede emissioner pr. år gennem hele livsforløbet.

	Forskel i energiforbrug (MJ/år)	Forskel i SO ₂ (g/år)	Forskel i NO _x (g/år)	Forskel i CO ₂ (g/år)	Forskel i N ₂ O (g/år)	Forskel i CH ₄ (g/år)	Forskel i NMVOC (g/år)	Forskel i CO (g/år)
Skema 2	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Skema 3	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
Skema 5	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8
Skema 7	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
Skema 8	-(I2)	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9
TOTAL								

Skema 11. Endelig opgørelse af virksomhedens materialeforbrug, vandforbrug og generering af fast affald ved installations- og driftsfasen.

	Forskel i råvareforbrug ved installations- og driftsfasen (kg/år)	Forskel i affaldsmængde til deponering ved installations- og driftsfasen (kg/år).
Stål	Skema 1 (A2 + A3)	Skema 6 (A1 + A2) * 0,15
Støbejern	Skema 1 (B2 + B3)	Skema 6 (B2 + B3) * 0,15
Aluminium	Skema 1 (C2 + C3)	Skema 6 (C2 + C3) * 0,05
Kobber	Skema 1 (D2 + D3)	Skema 6 (D2 + D3) * 0,60
Bly	Skema 1 (E2 + E3)	Skema 6 (E2 + D3) * 0,05
Zink	Skema 1 (F2 + F3)	Skema 6 (F2 + F3) * 0,05
PVC	Skema 1 (G2 + G3)	
Andet plast	Skema 1 (H2 + HA3)	
Gummi	Skema 1 (I2 + I3)	
Float-glas	Skema 1 (J2 + J3)	Skema 6 (G2 + G3)
Emballageglas	Skema 1 (K2 + K3)	Skema 6 (H2 + H3)
Træbrædder	Skema 1 (L2 + L3)	
Træplader	Skema 1 (M2 + M3)	
Stenuld	Skema 1 (N2 + N3)	Skema 6 (I2 + I3)
Glasuld	Skema 1 (O2 + O3)	Skema 6 (J2 + J3)
Forskel i vandforbrug	Skema 1 (P2 + P3)	
Forskel i samlet fast affaldsmængde		TOTALSUM

2.5.6 Støj

Skema 12. Opgørelse af støjforhold ved EBF og den eksisterende teknologi. Støjniveauet sammenholdes med de angivne grænseværdier for støj i tabel 2.4.8 i "Vejledning i benyttelse af metode for miljøopgørelse". Det er kun de kolonner, der er aktuelle for virksomheden, der udfyldes.

	eksisterende			teknologi		EBF	
	Den	Hverdage, dagtimer	Hverdage, aftenimer, Weekend, dag-og aftenimer	Alle dage, nattetimer	Hverdage, dagtimer	Hverdage, aftenimer, Weekend, dag-og aftenimer	Alle dage, nattetimer
Erhvervs- og industriområder							
Erhvervs- og industriområder med forbud mod generende virksomheder							
Blandet bolig- og erhvervs-bebyggelse, centerområder							
Etageboligområder							
Områder for lav og åben bebyggelse							
Sommerhusområder, offentlige rekreative områder							

2.5.7 Lugt

Skemaet afkrydses som i den indledende teknologivurdering:

- 0 ingen ændring i forhold til referencesystemet
- + hvis der sker en marginal forbedring i forhold til referencesystemet
- ++ hvis der sker en betydelig forbedring
- hvis der sker en marginal forværring
- hvis der sker en betydelig forværring

Skema 13 Ændringer i lugtforhold ved indførelse af EBF i forhold til referencesystemet.

	Forskel mellem referencesystem og EBF
Lugtenheder	

2.5.8 Luftemissioner (de ikke-energirelaterede)

Skema 14 afkrydses efter samme system som skema 13.

Skema 14 Ændringer i luftemissioner ved indførelse af EBF i forhold til referencesystemet.

	Forskel mellem referencesystem og EBF
Uorganisk støv af farlig art	
Damp- eller gasformige uorganiske stoffer	
Organiske stoffer	
Støv i øvrigt	
Andet	

2.6 Vejledning i benyttelse af metode for arbejdsmiljøopgørelse

Arbejdsmiljøet opgøres udelukkende i forhold til driftsfasen på virksomheden. Følgende områder behandles:

Arbejdsmiljøforhold ved driftsfasen:

- Kemiske påvirkninger
- Ergonomiske påvirkninger
- Termiske påvirkninger
- Psykiske påvirkninger
- Påvirkninger som følge af indretning på virksomheden
- Risiko for arbejdsulykker

Her er tale om arbejdsmiljøbelastninger, som kan forekomme i følgende situationer:

- Ved unormal drift af virksomheden

- Ved unormal drift af virksomheden, det vil sige planlagte uregelmæssigheder som følge af f.eks. svindelde råvareleverancer eller andet - situationer, der er almindeligt forekommende og som behandles rutinemæssigt
- Ved uheldssituationer, det vil sige situationer, der ikke er planlagte.

2.6.1 Arbejdsmiljøvurderingen

Vurderingen af arbejdsmiljø adskiller sig væsentligt fra vurderingerne af energiforbrug, ydre miljø og økonomi ved i højere grad at være en kvalitativ vurdering. Det har været formålet, at udvikle en metode, der forholdsvis hurtigt og enkelt kan kortlægge og vurdere de ændringer i arbejdsmiljøet, en given energibesparende foranstaltning giver anledning til. Det vil sige en eller anden form for screeningsmetode, der dog er detaljeret nok til at kunne opfange ændringer som følge af indførelsen af den energibesparende foranstaltning. Det er derfor vurderet, at en kvantitativ vurdering af arbejdsmiljø vil være alt for omfangsrig, hvis ikke den er baseret på overordnede skøn. En enkel metode vil være en nuanceret opgørelse af de kritiske forhold, der er fundet i den indledende teknologivurdering. Denne opgørelse kan dog bygge på kvantitative opgørelser af påvirkningerne i skønsmæssigt omfang, hvis det er muligt.

Hvis der i den indledende teknologivurdering af påvirkningerne af arbejdsmiljøet som følge af indførelse af den energibesparende foranstaltning er identificeret en eller flere arbejdsmiljøbelastninger, der eventuelt kan rumme en potentiel forværring, må der foretages en nærmere analyse af de udpegede arbejdsmiljøbelastninger.

En nærmere analyse kan foretages i samarbejde med BST el.lign., men for at få det største udbytte af et sådant samarbejde, bør der under alle omstændigheder foretages en nuancering af de kritiske forhold, der blev identificeret ved den indledende analyse. Nuanceringen består af en yderligere specifikation af, hvad det er for nogle arbejdsmiljøbelastninger, man identificerede. Det er denne specifikation, som den videregående analyses skemaer lægger op til.

I den nærmere analyse er det også vigtigt at inddrage de medarbejdere, der bliver berørt af ændringerne i arbejdsmiljøet som følge af indførelsen af den energibesparende foranstaltning. Medarbejderne besidder ofte en viden om både potentielle arbejdsmiljøproblemer og forslag til at afhjælpe disse problemer. En tidlig inddragelse af medarbejderne kan desuden give en større motivation for at drive eller understøtte en energibesparende foranstaltning. Derudover skal virksomhedens sikkerhedsorganisation (SIO) medtages i analysen af de arbejdsmiljømæssige aspekter i forbindelse med ændringer.

2.6.2 Arbejdsmiljøvurderingen og muligheder for forebyggelse af arbejdsmiljøproblemer

I samarbejde med BST eller en lignende institution analyseres som nævnt de udpegede potentielt forøgede arbejdsmiljøbelastninger ved indførelse af den energibesparende foranstaltning med henblik på at identificere mulige påvirkninger og muligheder for forebyggelse. I den videregående analyse er der to hovedspørgsmål som skal besvares:

1. Giver indførelse af en energibesparende foranstaltning anledning til nye eller væsentlig højere arbejdsmiljøbelastninger end tidligere? Eller sagt på anden måde: Bliver der ved etablering af den energibesparende foranstaltning introduceret uacceptable arbejdsmiljøbelastninger, som ikke var til stede før?

2. Hvis spørgsmål 1 besvares bekræftende: Kan de nye belastninger forebygges og i givet fald, hvad vil det koste? Hvis der er tale om ikke ubetydelige meromkostninger pga. indførelsen af den energibesparende foranstaltning, skal disse tilføjes i den økonomiske vurdering som indirekte omkostninger ved EBF. Derfor kan arbejdsmiljøanalysen godt gå hen og ændre på nogle af de tidligere dragne konklusioner på det økonomiske område.

I forbindelse med den videregående arbejdsmiljøanalyse kan arbejdsmiljøeksperter inddrages i fornødent omfang, dels i forbindelse med specifikation af arbejdsmiljøpåvirkningerne, dels i forbindelse med hvordan eventuelle problemer kan forebygges eller afhjælpes. Det er i forbindelse med opgørelse af eventuelle forebyggelsesomkostninger vigtigt, at disse omkostninger overføres og medregnes i den økonomiske vurdering.

2.6.3 Gennemgang af påvirkningerne af arbejdsmiljøet

I forbindelse med udfyldningen af skemaet, er der her uddybet hvordan de enkelte påvirkninger af arbejdsmiljøet kan komme til udtryk. Denne gennemgang er medtaget i vejledningen for at gøre det lettere for virksomheden at påpege de ændringer i arbejdsmiljøpåvirkningerne, der måtte være som en følge af indførelsen af EBF.

Kemiske påvirkninger

Der er principielt to forskellige måder, hvorpå kemiske påvirkninger fra den energibesparende foranstaltning kan forekomme. Koncentrationen af et farligt stof¹ kan blive forøget eller mindsket som følge af ændringer i ventilations- og udsugningsanlæg, eller der kan være tale om en egentlig substitution af stoffer og/eller processer, hvorved helt nye stoffer kan blive introduceret i arbejdsmiljøet.

Ved ændringer i f.eks. ventilationsanlæg er der typisk tale om at nedsætte den generelle ventilationsmængde (baggrundsudsugning) i visse perioder på dagen, ugen eller året. Koncentrationen af kemiske stoffer vil derfor stige, hvis emissionen af stoffet er uændret. Ofte vil man dog supplere med punktudsugning ved kilden, hvorved koncentrationen alligevel vil falde alt i alt. Medfører indførelsen af den energibesparende foranstaltning en sådan suppling, må de økonomiske omkostninger herved medregnes i den økonomiske vurdering.

Der kan også være tale om at indkapsle varme bade eller lignende med det primære formål at begrænse varmetabet, hvorved koncentrationen af evt. farlige dampe i arbejdslokalet samtidigt vil reduceres.

Egentlige ændringer af processer kan f.eks. være, når inddampning substitueres med mikrofiltrering, hvorved koncentrationen af farlige stoffer kan blive ændret betydeligt. Et andet eksempel er substitution af rengøringsmidler i CIP-anlæg, hvorved der skal håndteres nye stoffer, der medfører ændringer i det kemiske arbejdsmiljø.

¹ Her kan man bruge "Bekendtgørelse af listen over farlige stoffer", Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 830 af 15. oktober 1993. Listen opdateres løbende.

Ergonomiske påvirkninger

Energibesparelser opnås ofte i forbindelse med automatisering og er således ofte forbundet med reduktion af ensidigt gentaget arbejde.

Efterisolering af komponenter, etablering af punktudsugning m.m., skift fra trykluftdrevne eller eldrevne værktøjer, er eksempler på tiltag, som giver anledning til, at arbejdsstillinger må ændres.

Støj og vibrationer

En række typiske støjkloder er knyttet til dårlig energieffektivitet. Nogle eksempler er: Hydraulikpumper med simpel og ineffektiv regulering (f.eks. plastsprøjtstøbemaskiner), ventilationsarmaturer med stort luftskifte, trykluftdyser, vibrerende maskineri, etc.

Støj og vibrationer kan desuden opstå, hvis der som led i indførelsen af en energibesparende foranstaltning etableres omdrejningsregulering af maskiner, pumper, kompressorer m.m. Der kan ved visse omdrejningstal opstå kraftigere støj eller vibrationer, når omdrejningstallet rammer maskinens egenfrekvens og/ eller andre maskiners frekvenser. Substitution af f.eks. stempelkompressorer med skruekompressorer, kan også give anledning til utilsigtede ændringer i støjforhold.

Termiske belastninger, indeklima

Energiforbrugende apparater sender større eller mindre varme til omgivelserne. Denne belastning kan ofte påvirkes af energibesparelser, enten ved at varmeemissionen påvirkes, eller som følge af en ændring i fjernelsen af overskudsvarme via ventilationsluften.

Psykiske arbejdsmiljøbelastninger

En meget stor del energibesparende foranstaltninger vil have en påvirkning af det psykiske arbejdsmiljø. Disse påvirkninger kan typisk skyldes ændringer i procedurer, som medfører ændrede krav til nærvær og opmærksomhed, en omfordeling mellem rutineprægede og mere individuelle opgavetyper, omfordeling af ansvarsområder fra en medarbejdergruppe til en anden (f.eks. mere overvågning, mindre vedligehold). Typiske påvirkninger kan være påvirkning af stressniveauet og påvirkning af arbejdets alsidighed. Endvidere kan eventuelle omlægninger i arbejdsbyrderne resultere i forskydninger i indflydelse, hvilket igen kan have følger for det psykiske arbejdsmiljø.

Indførelse af en energibesparende foranstaltning medfører ofte en vis oplæring og information af de medarbejdere, som skal betjene maskinen eller anlægget. Hvis medarbejderne er motiveret for en sådan oplæring og information, kan det betyde en forbedring af arbejdsklimaet. Hvis derimod medarbejderne i forvejen bliver mødt med høje videnskrav kan det give anledning til stress og demotivation. Der kan f.eks. være tale om at blive mødt med højere krav til viden om regulering, rengøring og vedligeholdelse af maskiner og anlæg.

Procesomlægning kan medføre ændringer i arbejdets tilrettelæggelse, således at en del af arbejdet overgår til andre eller elimineres helt. F.eks. kan indførelse af automatiske reguleringer, styringer og urstyrede tænde/slukke anordninger give de berørte medarbejdere en følelse af at miste indflydelse.

Omvendt stiller det større krav til virksomhedens elinstallatør, varmemester e.lign. som i højere grad skal efterse reguleringsudstyr.

I det omfang et evt. krav om højere vidensniveau ikke følges op af efteruddannelse, kan det give anledning til utryghed og følelse af utilstrækkelighed, som kan give bagslag i form af demotivation og øget sygefravær.

Indførelse af "energiløn", dvs. en løn der i et vist omfang er afhængig af den energieffektivitet, anlægget udviser, kan give anledning til en vis entusiasme blandt medarbejdere. Der er dog en væsentlig risiko for at forværre det interne arbejdsklima, så gevinsten ikke står mål med anstrengelse, ligesom det kan give anledning til stress.

Endelig kan arbejdstempoet ændres som følge af indførelsen af den energibesparende foranstaltning. Det kan være fordi trykluftlækager tættes, så trykluftdrevne maskiner går hurtigere, eller fordi et for lille hydraulikrør erstattes af et større og derved øger arbejdsstrykket. Det kan også skyldes ændrede krav til rengøring og vedligehold.

Arbejdspladsindretning

Isolering af komponenter, omlægning af rør og kanaler, installation af nye maskiner etc. kan alt sammen medføre, at arbejdspladsen bliver ændret. Herunder hører også ændring af arbejdspladsbelysning. Ofte bliver belysningsforholdene også bedre samtidigt med, at energiforbruget falder. Der kan dog i visse tilfælde være tale, om at behovet for lysstyrke er overopfyldt, hvorefter lysniveauet nedsættes, hvilket kan opfattes som en forringelse af arbejdspladsen.

Risiko for arbejdsulykker

Ændringer i risiko for ulykker kan ofte optræde i sammenhæng med energipåvirkninger. Nogle eksempler gives i det følgende.

Indføring af regulering af ventilationsanlæg kan spare energi. Samtidig påvirkes risikoen for udfald af anlægget (påvirkningen kan være både positiv og negativ). Isolering af varme overflader minimerer risiko for forbrænding og sparer energi. Varmegenvinding kan oplagt spare energi, men kan i visse tilfælde introducere en fare for opsamling og antændelse af brandfarlige eller eksplosive stoffer.

2.7 Skema for arbejdsmiljøopgørelse

Skema 1. Opgørelse af kemiske påvirkninger af arbejdsmiljøet på virksomheden

Påvirkning/belastning	Specifikation	Påvirkninger af arbejdsmiljøet.
Kemiske påvirkninger	<ul style="list-style-type: none"> Hvilke stoffer og/eller produkter er der tale om Evt. hvilken faremærkning Hvilken form (dampe, væsketager, hudkontakt, støv) Koncentration og eksponering ved EBF og ref.-system Evt. hvilke grænseværdier eksisterer Kan påvirkningerne forebygges, og i givet fald hvordan 	
Ergonomiske påvirkninger	<ul style="list-style-type: none"> Hvilken art (tunge løft, dårlige arb.-stillinger, ensidigt belastende arbejde) Belastende arbejde Kan påvirkningerne forebygges, og i givet fald hvordan 	
Støj, vibrationer	<ul style="list-style-type: none"> Støj eller vibrationer Hvilke frekvenser Lydniveau (dB) Kan påvirkningerne forebygges, og i givet fald hvordan 	
Termiske påvirkninger (indeklima)	<ul style="list-style-type: none"> Hvilken art (lyskvalitet, varme/kulde, træk, lugt, støv, etc.) Kan påvirkningerne forebygges, og i givet fald hvordan 	
Psykiske påvirkninger	<ul style="list-style-type: none"> Hvilken art (stres, arbejdstempo, høje forventninger, etc.) Kan påvirkningerne forebygges, og i givet fald hvordan 	
Arbejdsmiljøbelastning	<ul style="list-style-type: none"> Hvilken art (ændrede pladsforhold, afskærmning, belysning, etc.) Kan påvirkningerne forebygges, og i givet fald hvordan 	
Risiko for arbejdsuheld og -ulykker	<ul style="list-style-type: none"> Hvilke uheld/ulykker er der øget risiko for (brand, eksplosion, udslip, fald, etc.) Kan påvirkningerne forebygges, og i givet fald hvordan 	

2.8 Vejledning i benyttelse af metode for økonomiopgørelse

Livsforløbsanalysens økonomiske opgørelse består i en opgørelse af forskellen i omkostninger ved referencesystemet og den energibesparende foranstaltning. Omkostningerne opgøres for følgende faser: Installationsfasen, driftsfasen og bortskaffelsesfasen. De omkostninger, der opgøres under de forskellige faser, er følgende:

Omkostninger ved installationsfasen

- Investeringsomkostninger
- Materialeomkostninger
- Lønomkostninger
- Bygeomkostninger
- Produktionstab ved installation

Omkostninger ved driftsfasen

- Energiomkostninger
- Vandafgift
- Spildevandsafgift
- Forbrændingsafgift
- Deponeringsafgift
- Afgift til Kommunekemi (olie- og kemikalieaffald)
- Materialeomkostninger
- Lønomkostninger
- Reparation og vedligeholdelsesomkostninger

Omkostninger ved bortskaffelsesfasen

- Lønomkostninger ved bortskaffelse af komponenten
- Transportomkostninger
- Energiomkostninger
- Forbrændingsafgift
- Deponeringsafgift
- Afgift til Kommunekemi (olie- og kemikalieaffald)

Derudover medtages omkostninger i driftsfasen i forbindelse med påvirkningen af de produktionstekniske forhold ved indførelsen af den energibesparende foranstaltning. De produktionstekniske forhold kan opdeles i følgende underkategorier med hver deres form for omkostning:

- Påvirkning af produktet (herunder afsætningsforhold, kassationsprocent, kvalitetsændringer)
- Påvirkning af produktivitet (herunder arbejdstempo, sygefravær)
- Påvirkning af procesparametre (herunder forbrug af hjælpestoffer, driftssikkerhed, fleksibilitet, rengøringsbehov, vedligeholdelse)
- Påvirkning af organisation og videnbehov (herunder behov for viden, behov for arbejdskraft, organisationsændring)

2.8.1 Generelt om priser

Alle priser er angivet i primo 1995-niveau. I de tilfælde, hvor det anvendte kildemateriale har angivet priser i et andet prisniveau, er priserne omregnet til primo 1995-niveau ud fra Danmarks Statistiks forbrugerindex. Alle priser er opgivet excl. moms.

2.8.2 Omkostninger ved installationsfasen

Investeringsomkostninger

Forskellen i pris for den energibesparende foranstaltning og referenceteknologien opgives af virksomheden som input i skemaerne. Transportomkostningerne i forbindelse med at få transporteret komponenten til virksomheden medregnes i investeringsomkostningerne.

I de tilfælde, hvor virksomheden ved indførelsen af EBF har opnået statstilskud i forbindelse med finansieringen, fratrækkes dette tilskud investeringsomkostningerne.

Materialeomkostninger

Forskelle i omkostninger til materialer ved installation af den energibesparende foranstaltning og referenceteknologien angives af virksomheden som input i skemaerne.

Lønomsomkostninger

Forskelle i antallet af arbejdstimer og timeløn ved installation af den energibesparende foranstaltning og referenceteknologien angives af virksomheden som input i skemaerne. Lønomsomkostningerne beregnes derefter i skemaerne. Under arbejdstimer hører også oplæringstimer. Der kan således indgå forskellige timesatser. Lønomsomkostninger bliver:

$$(\text{Arbejdstimer} * \text{timeløn}(1) + \text{oplæringstimer} * \text{timeløn}(2))$$

Byggeomkostninger

Byggeomkostninger kan forekomme som en følge af et øget pladsbehov ved indførelsen af den energibesparende foranstaltning.

Der er af Danmarks Statistik foretaget et skøn over m²-priser på bygninger. Den her anvendte kategori er "fabrikker og værksteder". Priserne varierer her meget og de angivne priser skal derfor opfattes som vejledende priser. Priserne omregnet til primo 1995 niveau er angivet i tabel 2.8.1.

Tabel 2.8.1 Anlægspriser for fabriksbygninger (inklusive værksteder og lagerhaller)

	m ² -priser pr fabrik/værkstedsbygning
Hovedstadsområdet	3704 kr/ m ²
Resten af landet	3464 kr/ m ²

Antallet af tilbyggede m² ved indførelsen af EBF angives af virksomheden som input i skemaerne.

Produktionstab ved installation

Ved installation af en komponent kan det være nødvendigt at stoppe produktionen i et tidsrum, hvilket vil medføre tabt fortjeneste. Forskellen i den tidsperiode, hvor produktionen stoppes ved installation af de to forskellige teknologier, vurderes af virksomheden og indføres som input i skemaerne. Herudover indføres produktprisen samt produktion/time som input.

Produktprisen og produktion/time antages at være ens for de to teknologier for at kunne benytte skemaerne direkte. Produktionstabt beregnes som:

*(Produktion/time * produktpris * antal timer med driftsstop)*

2.8.3 Omkostninger ved driftsfasen

Energiomkostninger

Omkostninger i forbindelse med virksomhedens energiforbrug beregnes ud fra priseme angivet i tabel 2.8.2 og virksomhedens varme-, el- og brændselsforbrug, hvorefter de overføres som output.

Tabel 2.8.2 Energi- og brændstofpriser (priserne er inklusiv CO₂-afgifter) (ref.13)

		Priser (kr/MWh)	Priser (kr/MJ)
Fjernvarme		364,25	0,101
Egen- produktion	Biomasse	-	-
	Koks	216,39	0,060
	Olie	106,71	0,029
	Naturgas	122,28	0,034
Egenproduceret elektricitet		-	-
Offentlig elektricitet		432,00	0,120

Forskellen i virksomhedens varme-, el- og brændselsforbrug ved referencesystemet og ved indførelsen af EBF angives af virksomheden i skemaerne som input. Kender virksomheden de eksakte energiomkostninger ved referencesystemet og ved indførelsen af EBF, bør virksomheden anføre disse i stedet for at anvende tallene i tabel 2.8.2. Opnår virksomheden via energibesparelsen CO₂-afgiftsrefusion, vil denne fremgå af virksomhedens energiregning.

I det tilfælde, hvor virksomheden anvender tabel 2.8.2 til beregning af energiomkostninger, er virksomheden derimod nødt til selv at medregne eventuelle tilskud i forbindelse med CO₂-afgifter.

Vandafgift

Vandafgiften består af en vandafledningsafgift til det tilknyttede vandforsyningsselskab samt en vandafgift til staten. Vandafledningsafgiften varierer fra vandforsyningsselskab til vandforsyningsselskab, mens statsafgiften er fast og ligger i 1995 på 2 kr/m³ excl. moms (ref.8).

Den totale vandafgift inkl. statsafgift er på basis af eksempler fra forskellige kommuner her sat til 25 kr/m³ excl. moms (ref.9). Denne pris er absolut kun vejledende og i de fleste tilfælde vil virksomheden allerede have opgivet en vandafledningspris i deres driftsregnskaber. Det er da denne vandafledningspris, der benyttes.

Vandafgiften og forskellen i vandforbruget ved referencesystemet og den energibesparende foranstaltning anføres af virksomheden som input i skemaerne.

Spildevandsafgift

Spildevandsafgiften betales til det tilknyttede rensningsanlæg, hvor priserne varierer fra anlæg til anlæg. Der er ingen statsafgift indeholdt i spildevandsafgiften. I de fleste tilfælde fastsættes spildevandsafgiften ud fra virksomhedens vandforbrug, som måles eller skønnes (ref.9). Spildevandsafgiften vil kunne oplyses af det tilknyttede rensningsanlæg, ligesom prisen vil fremgå af de fleste virksomheders driftsregnskaber.

Spildevandsafgiften beregnes på basis af ændringen i virksomhedens vandforbrug før og efter indførelsen af den energibesparende foranstaltning. Spildevandsafgiften samt vandforbruget ved referencesystemet og EBF anføres af virksomheden som input i skemaerne.

Forbrændingsafgift

Den samlede forbrændingsafgift betales til forbrændingsanlægget. Indeholdt i forbrændingsafgiften er en fast statsafgift på 160 kr/ton excl. moms og et gebyr til forbrændingsanlægget, som varierer fra anlæg til anlæg (ref.10). Den samlede forbrændingsafgift kan oplyses af det enkelte forbrændingsanlæg, men vil i de fleste tilfælde frengå af virksomhedens egne driftsregnskaber. Den samlede forbrændingsafgift beregnes som følger:

$$(ton\ forbrændingsaffald * (160\ kr + gebyr))$$

Den samlede forbrændingsafgift samt forskellen i mængderne af affald til forbrænding ved referencesystemet og ved indførelsen af EBF angives af virksomheden som input i skemaerne.

Deponeringsafgift

Den samlede deponeringsafgift betales til det pågældende deponeringsanlæg og består af en fast statsafgift på 195 kr/ton excl. moms samt et gebyr til deponeringsanlægget, som varierer fra anlæg til anlæg (ref.10). Den samlede deponeringsafgift kan oplyses af det enkelte anlæg, men vil også fremgå af virksomhedens driftsregnskaber. Den samlede deponeringsafgift beregnes som følger:

$$(ton\ deponeringsaffald * (195\ kr + gebyr))$$

Den samlede deponeringsafgift samt forskellen i mængdeme af affald til deponering ved referencesystemet og ved indførelse af EBF angives af virksomheden som input i skemaerne.

Afgift til Kommunekemi (olie- og kemikalieaffald)

Affald til Kommunekemi vil i de fleste tilfælde gå gennem en modtagestation. Er dette tilfældet, vil prisen for at bortskaffe affald til Kommunekemi indeholde et behandlingsgebyr til Kommunekemi samt et gebyr til modtagestationen, som varierer fra station til station. Har

virksomheden særlige aftaler med Kommunekemi om direkte levering fra virksomheden til Kommunekemi, vil der være transportomkostninger forbundet med dette, som virksomheden må medregne som udgift i forbindelse med bortskaffelse af affald til Kommunekemi. Det forudsættes dog her, at affaldet bortskaffes via en modtagestation.

Behandlingspriserne fra Kommunekemi er anført i tabel 2.8.3. Som det fremgår af tabellen, varierer priserne meget inden for hvert enkelt gruppe. Ønskes priserne specificeret i forhold til den enkelte affaldstype, må der henvises til Kommunekemis prislister.

Priserne i skemaet er vejledende, incl. transportomkostninger til modtagestationen, men excl. moms og eventuelle afgifter. Affaldet forudsættes leveret i standardemballager (100-200 l).

Tabel 2.8.3 Priser ved bortskaffelse af affald til Kommunekemi (ref.11)

		Vejledende priser (kr/ton)
Affaldsgruppe A	Mineralolieaffald*	1.010 - 4.655
Affaldsgruppe B	Halogenholdigt affald	1.240 - 4.655
	CFC-gas på returflasker	15.000
Affaldsgruppe C	Opløsningsmidler uden halogen og svovl	1.340 - 4.655
Affaldsgruppe H	Organisk-kemisk affald uden halogen og svovl	2.245 - 4.6555
Affaldsgruppe K	Kviksølvholdigt affald	9.655 - 10.890
Affaldsgruppe T	Bekæmpelsesmidler	4.655 - 6.180
Affaldsgruppe X	Uorganisk-kemisk affald	2.020 - 6.740
Affaldsgruppe Z	Andet affald	1.240 - 8.425

* Virksomheden skal være opmærksom på, at ikke alt olieaffald afleveres til Kommunekemi. Ved generering af større mængder genindvindeligt olieaffald, afhentes denne del af affaldet gratis.

Forskellen i affaldsmængderne og typen af affald til Kommunekemi, ved referencesystemet og ved indførelsen af EBF, angives af virksomheden i skemaerne.

Materialeomkostninger

Materialeforbrug omfatter forbrug af rå- og hjælpestoffer i produktionen. Forskellen i omkostninger i forbindelse med materialeforbruget ved referencesystemet og ved indførelsen af EBF, opgives af virksomheden som input i skemaerne.

Lønoms-kostninger

Forskelle i lønomkostninger beregnes på basis af forskelle i antal arbejdstimer samt timeløn ved referencesystemet og ved indførelse af EBF. Den energibesparende foranstaltning kan give anledning til f.eks en højere timeløn eller færre arbejdstimer. Lønoms-kostninger beregnes som:

*(Arbejdstimer * timeløn)*

Forskellen i antal arbejdstimer samt timeløn, ved referencesystemet og ved indførelsen af EBF, opgives af virksomheden som input i skemaerne.

Reparation og vedligeholdelsesudgifter

Opgørelsen af forskelle i reparation og vedligeholdelsesudgifter gælder først og fremmest EBF og referencesystemet. Derudover skal virksomheden være opmærksom på, at indførelsen af en teknologi i produktionssystemet kan have effekter på andre dele af produktionssystemet. F.eks. kan indførelsen af en ny teknologi medføre øget eller nedsat drift af andre maskiner, hvilket vil influere på vedligeholdelsesudgifterne til disse.

Virksomheden angiver i beregningsskemaerne forskelle i lønninger i forbindelse med vedligeholdelse og forskelle i materialeforbruget i forbindelse med vedligeholdelse. Lønningerne opgøres under "lønninger i forbindelse med driften", og materialeudgifterne medregnes i det samlede materialeforbrug under driften.

2.8.4 Omkostninger ved bortskaffelsesfasen

Lønomkostninger ved bortskaffelse af komponenten

Lønomkostninger ved bortskaffelse beregnes på basis af arbejdstimer og arbejds løn:

*(Arbejdstimer*timeløn)*

Forskellen i arbejdstimer og timeløn ved bortskaffelse af referenceteknologien og den energibesparende foranstaltning angives af virksomheden som input i skemaerne.

Transportomkostninger

Prisen for transport afhænger af typen af lastvogn samt lasteevnen. Transport antages her at foregå med 2-akslede lastvogne med en lasteevne på omkring 8 ton. Taksten pr. km. varierer her mellem 6,97 kr og 7,51 kr excl. moms. Transportprisen antages her som et gennemsnit at være 7,2 kr/km excl. moms, se tabel 2.8.4. Der kan herudover være forskellige tillæg i form af ventetid, smudstillæg, færgetillæg, af- og pålæsning o.lign. Disse tillæg medtages ikke, da transportprisen kun er en vejledende parameter her i livsforløbsanalysen.

Tabel 2.8.4 Transportpris (ref.14)

	km. takst
2-akslet lastvogn omkring 8 ton last	7,2 kr/km

Distancen mellem virksomhed og bortskaffelsessted vil normalt være den samme ved referencesystemet og ved indførelsen af EBF, og det vil derfor kun være en marginal forskel i prisen for bortskaffelse af de to teknologier. Selvom den ene af de to teknologier vægtnæssigt måske er større end den anden, vil det kun influere i meget lille grad på prisen for transport af komponenten til skrotning (f. eks er prisen ca. 8,39 kr/km ved 14 ton og derover). På denne baggrund er det valgt at se bort fra forskelle i transportomkostninger til bortskaffelse af de to komponenter.

Energiomkostninger

Energiomkostninger ved bortskaffelse af komponenten beregnes på samme måde som energiomkostninger under driftsfasen. Her opgives forskellen i energiforbruget ved bortskaffelse af referenceteknologien og den energibesparende foranstaltning som input i skemaerne.

Forbrændingsafgift

Forbrændingsafgiften ved bortskaffelse af komponenten beregnes på samme måde som forbrændingsafgiften under driftsfasen. Her opgives forskellen i affaldsmængden til forbrænding ved bortskaffelse af referenceteknologien og EBF.

Deponeringsafgift

Deponeringsafgiften ved bortskaffelse af komponenten beregnes på samme måde som under driftsfasen. Her angives forskellen i affaldsmængderne til deponering ved bortskaffelse af referenceteknologien og EBF som input.

Afgift til Kommunekemi (olie- og kemikalieaffald)

Afgiften til Kommunekemi ved bortskaffelse af komponenten beregnes på samme måde som under driftsfasen. Her angives forskellen i affaldsmængderne til Kommunekemi som input.

2.8.5 Produktionstekniske omkostninger

Alle produktionstekniske omkostninger i forbindelse med indførelsen af EBF er omkostninger, der skal vurderes af virksomheden og således ikke kan beregnes i livsforløbsanalysen. De produktionstekniske omkostninger opgøres pr. år i beregningsskemaerne. Følgende produktionstekniske omkostninger skal vurderes og opgøres:

Påvirkning af produktet

Der kan f.eks. være tale om, at produktkvaliteten ændres i positiv eller negativ retning, at kassationsprocenten af de producerede emner ændres eller at produktet fremstår som mere miljørigtigt. Der kan også være tale om, at afsætningsforholdene ændres ved at produktet

fremstår mere miljørigtigt, eller at afsætningen falder, fordi produktets udseende er ændret pga. den energibesparende foranstaltning.

Påvirkning af produktivitet

Ved f.eks. en automatisering vil der ofte ske en forøgelse i den automatiserede komponents ydeevne. Der kan også være tale om ændringer i personalets sygefravær eller ydeevne.

Påvirkning af procesparametre

Ved at indføre en energibesparende foranstaltning vil der næsten altid være procesparametre, der vil ændres. Der kan være tale om ændringer i forbrug af hjælpestoffer, maskiners driftssikkerhed og flexibilitet, vedligeholdelse, rengøring og mange andre parametre.

Påvirkning af organisation og videnbehov

Energibesparelser kan til tider kræve en vis efteruddannelse af nogle af virksomhedemes medarbejdere, så de er i stand til at udnytte den nye teknologi. I visse tilfælde kan organisationsændringer også komme på tale. Det kan ske f.eks. ved indførelse af energistyring.

2.9 Skema for økonomiopgørelse

Skema 1. Forskel i investeringsomkostninger mellem referenceteknologi og EBF (er tallene negative, skal de angives negativt).

	Forskel i investeringsomkostninger (kr) 1	Forskel i investeringsomkostninger/levetidsår* (kr/år) 2
Forskel i investeringsomkostninger A		

*levetidsår for hver teknologi.

Skema 2. Byggeomkostninger (er tallene negative, skal de angives negativt). Tabellen er kun relevant, hvis der foretages tilbygning i forbindelse med installationen af EBF).

	Byggeareal (m ²) 1	Levetid for EBF (år) 2	Byggeomkostninger i alt (kr/år) 3
Hovedstadsområde A			A1 * (3704) / A2
Resten af landet B			B1 * (3464) / B2

Skema 3. Forskel i produktionstab ved installation mellem referenceteknologi og EBF.

	Produktion/time (stk/h) 1	Produktpriis (kr/stk) 2	Forskel i antal timer med driftsstop (h/år*) 3	Forskel i produktionstab (kr/år) 4
Installation A				A1 * A2 * A3

* Antallet af timer pr. år er pr. levetidsår for hver teknologi.

Skema 4. Forskel i lønomkostninger (er tallene negative, skal de angives negative). Antal timer indsættes pr. levetidsår for hver teknologi ved installationsfasen og bortskaffelsesfasen, og pr driftsår ved driftsfasen

		Timekategori 1	Forskel i antal timer (h/år) 2	Timeløn (kr/h) 3	Forskel i de samlede lønomkostninger (kr/år) 4
Installationsfase	Installation	A			A2 * A3
	Oplæring	B			B2 * B3
	Andet	C			C2 * C3
Driftsfasen	Drift	D			D2 * D3
	Reparation	E			E2 * E3
	Andet	F			F2 * F3
	Nedrivning	G			G2 * G3
Bortskaffelse	Andet	H			H2 * H3
TOTAL				I	

Skema 5. Forskel i materialeomkostninger ved referenceteknologi og EBF (er tallene negative, skal de angives negativt). Forbruget angives pr levetidsår for installationsfasen og pr driftsår for driftsfasen.

Materiale	Forskel i materialeforbrug ved installation (kg/år) 1	Forskel i materialeforbrug ved drift (kg/år) 2	Pris (kr/kg) 3	Forskel i de samlede materialeomkostninger (kr/år) 4
Stål	A			(A1 + A2) * A3
Støbejern	B			(B1 + B2) * B3
Aluminium	C			(C1 + C2) * C3
Kobber	D			(D1 + D2) * D3
Bly	E			(E1 + E2) * E3
Zink	F			(F1 + F2) * F3
PVC	G			(G1 + G2) * G3
Andet plast	H			(H1 + H2) * H3
Gummi	I			(I1 + I2) * I3
Float-glas	J			(J1 + J2) * J3
Emballageglas	K			(K1 + K2) * K3
Træbrædder	L			(L1 + L2) * L3
Træplader	M			(M1 + M2) * M3
Stenuld	N			(N1 + N2) * N3
Glasuld	O			(O1 + O2) * O3
TOTAL	P			

Skema 6. Forskel i omkostninger ved energiforbrug i driftsfasen og bortskaffelsesfasen (er tallet negativt, skal det angives negativt). Energimængden angives pr driftsår ved driftsfasen og pr leveidsår for hver teknologi ved bortskaffelsesfasen.

	Forskel i energiforbrug ved drift (MJ/år) 1	Forskel i energiforbrug ved bortskaffelse (MJ/år) 2	Forskel i de samlede energiomkostninger (kr/år) 3
Fjernvarme A			$(A1 + A2) * (0,101)$
Koks B			$(B1 + B2) * (0,06)$
Olie C			$(C1 + C2) * (0,029)$
Naturgas D			$(D1 + D2) * (0,034)$
El E			$(E1 + E2) * (0,120)$
TOTAL		F	

Skema 7. Forskel i driftsomkostninger i forbindelse med vandforbrug og spildevandsudslip mellem referenceteknologi og EBF (er tallet negativt, skal det angives negativt). Mængden angives pr driftsår

	Forskel i mængde (m ³ /år) 1	Afgift (kr/m ³) 2	Gebyr(kr/m ³) 3	Driftsomkostninger (kr/år) 4
Vandforbrug A		2,00		$A1 * (A2 + A3)$
Spildevandsudslip B				$B1 * B3$
TOTAL			C	

Skema 8. Forskel i bortskaffelsesomkostninger (er tallet negativt, skal det angives negativt). Affaldsmængden opgøres pr driftsår ved drift og pr levetidsår for hver teknologi ved bortskaffelse. Ved afmærkning med \square er der tale om et interval i priserne.

Affaldstype:	Forskel i mængde ved bortskaffelse (kg/år) 1	Forskel i mængde ved drift (kg/år) 2	Gebyr (kr/ton) 3	Afgift (kr/ton) 4	Forskel i de samlede bortskaffelsesomkostninger (kr/år) 5
Forbrændingsaffald	A			160	$(A1 + A2) * (A3 + A4) * 10^3$
Depotaffald	B			195	$(B1 + B2) * (B3 + B4) * 10^3$
Mineralolieaffald	C				$(C1 + C2) * (1.010 - 4.655) * 10^3 \square$
Halogenholdigt affald	D				$(D1 + D2) * (1.240 - 4.655) * 10^3 \square$
CFC-gas i returbeholdere	E				$(E1 + E2) * (15.000) * 10^3 \square$
Opløsningsmidler uden halogen og svovl	F				$(F1 + F2) * (1.340 - 4.655) * 10^3 \square$
Organisk-kemisk affald uden halogen og svovl	G				$(G1 + G2) * (2.245 - 4.655) * 10^3 \square$
Kviksølvholdigt affald	H				$(H1 + H2) * (9.655 - 10.890) * 10^3 \square$
Bekæmpelsesmidler	I				$(I1 + I2) * (4.655 - 6.180) * 10^3 \square$
Uorganisk-kemisk affald	J				$(J1 + J2) * (2.020 - 6.740) * 10^3 \square$
Andet affald til Kommunekemi	K				$(K1 + K2) * (1.240 - 8.425) * 10^3 \square$
TOTAL	L				

Skema 9. Forskel i omkostninger vedrørende produktionstekniske forhold (er tallene negative, skal de angives negativt).

Påvirkning	Specifikation	Forskel i omkostninger (kr/år)
Forskelle i påvirkning af produkt Forskel i påvirkning af produktivitet	Ændrede afsætningsforhold	
	Ændret kassationsprocent	
	Kvalitetsændringer	
	Andet	
	Ændret arbejdstempo	
	Ændret sygefravær	
Forskelle i påvirkning af proces- parametre	Andet	
	Ændret forbrug af hjælpestoffer	
	Ændret driftssikkerhed	
	Ændret flexibilitet	
	Ændret rengøringsbehov	
	Ændret vedligeholdelse	
Forskel i påvirkning af organisation og videnbehov	Andet	
	Ændret behov for viden	
	Ændret behov for arbejdskraft	
	Ændringer i organisation	
	Andet	
	Afværgeforanstaltninger	
TOTAL		

Skema 10. Endelig opgørelse af forskel i de samlede omkostninger mellem EBF og referencesystemet (er tallene negative, skal de angives negativt)

FORSKEL:	Omkostninger
Investeringsomkostninger (kr/år)	Skema 1 (A2)
Byggeomkostninger (kr/år)	Skema 2 (A3 eller B3)
Produktionstab i forbindelse med installation (kr/år)	Skema 3 (A4)
Samlede lønomkostninger (kr/år)	Skema 4 (I4)
Samlede materialeomkostninger (kr/år)	Skema 5 (P4)
Samlede energiomkostninger (kr/år)	Skema 6 (F3)
Driftsomkostninger i forbindelse med vandforbrug og spildevand (kr/år)	Skema 7 (C4)
Samlede bortskaffelsesomkostninger (kr/år)	Skema 8 (L5)
Samlede omkostninger vedrørende produktionstekniske forhold (kr/år)	Skema 9 (total)
TOTAL	

2.10 Opsummeringsskemaer for livsforløbsanalysen

Skema 1. Den totale forskel i energiforbrug og energirelaterede emissioner mellem referenceteknologien og EBF gennem hele livsforløbet.

	Forskel i energiforbrug (MJ/år)	Forskel i SO ₂ (g/år)	Forskel i NO _x (g/år)	Forskel i CO ₂ (g/år)
TOTAL (Skema 10 i energi- og emissionsopgørelsen)				
	Forskel i N ₂ O (g/år)	Forskel i CH ₄ (g/år)	Forskel i NMVOC (g/år)	Forskel i CO (g/år)
TOTAL (Skema 10 i energi- og emissionsopgørelsen)				

Skema 2. Den totale forskel i omkostninger mellem referencesystem og EBF

	Forskel i omkostninger (kr/år)
TOTAL (Skema 10 i økonomiopgørelsen)	

Resultatet af livsforløbsanalysen fremgår af skema 1 og skema 2. Skema 1 angiver den ændring, der sker i energiforbrug samt i de energirelaterede emissioner ved indførelse af en energibesparende foranstaltning. Hvis tallene er positive vil der være et mindre energiforbrug og færre emissioner, hvis der indføres en energibesparende foranstaltning, mens den energibesparende foranstaltning vil medføre større energiforbrug og udsendelse af flere emissioner end referenceteknologien, hvis tallene er negative.

Skema 2 angiver de økonomiske konsekvenser ved indførelse af en energibesparende foranstaltning. De økonomiske konsekvenser er opgivet pr. levetidsår og er en opsummering af investeringsomkostninger, driftsomkostninger og produktionstekniske omkostninger mv., dvs. de totale økonomiske konsekvenser ved overgang fra referenceteknologien til den energibesparende foranstaltning.

Set fra et økonomisk synspunkt vil den energibesparende foranstaltning kunne svare sig, hvis skema 2 giver et positivt resultat. Dette resultat skal imidlertid sammenholdes med resultatet af skema 1. Er resultatet af dette skema også positivt vil indførelsen af den energibesparende foranstaltning kunne betale sig såvel ud fra et økonomisk synspunkt, som set fra en energi- og miljømæssigt synsvinkel. Er resultatet af skema 1 eller 2 derimod negativt må virksomheden tage målsætningen med den energibesparende foranstaltning op til overvejelse, før den endelige beslutning kan træffes.

3. Referencer

1. *Ti-års oversigt, Status og tendenser*. Danske Elværkers Forening, 1994.
2. *Statistiske efterretninger 1992:9 Industri og energi*. Danmarks Statistik, 1992.
3. *Substitution af PVC-plast med andre plastmaterialer*. Miljøprojekt nr. 87, Miljøstyrelsen, 1987.
4. *Begrænsning af luftforurening fra virksomheder*. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr 6, Miljøstyrelsen, 1990.
5. *Måling af ekstern støj fra virksomheder*. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr 6, Miljøstyrelsen, 1984.
6. Samtale med Susanne Rasmussen, Industrikontoret, Miljøstyrelsen, d. 5/4 -9.
7. *Driftresultater fra forbrændingsanlæggene*. Materiale fra Kommunekemi a/s, 1994.
8. Samtale med Bent Jørgensen, Hav- og spildevandskontoret, Miljøstyrelsen, d.6/4 -95.
9. Samtale med Afløbskontoret, Københavns Kommune, d. 7/4-95.
10. Samtale med Henrik Dalgaard, Erhvervsaffaldskontoret, Miljøstyrelsen, d. 7/4-95.
11. *Prisliste pr. 1/1 -95*, Kommunekemi a/s, 1995.
12. *Oversigt over resultater vedrørende m²-priser*. Arbejdsrapport, Danmarks Statistik, 1994.
13. *Energipriser, solenergi og graddage*. VVS bladet, 31(1), 1995.
14. *Kilometertakster for lastbiler/vogntog pr. I/4 1995*. Danske Vognmænd, 1995.

Del 3

Demonstration af metode

1. Udvælgelse af eksempel

For at være i stand til at udvælge et eksempel, der kan have generel interesse i industrien, til afprøvning af den udviklede metode, er der foretaget en opdeling af energibesparelspotentialer på brancheniveau og på slutanvendelsesområder.

Det er ved udvælgelsen af eksempel valgt at fokusere på brancher i vækst, fordi der her normalt er de bedste muligheder for at reducere energiforbruget. Årsagen til dette er, at der er billigere af realisere en energibesparelse i forbindelse med et nyindkøb, idet der således kun er tale om en merinvestering i mere energirigtigt udstyr. Endvidere er det erfaringsmæssigt nemmere at interessere beslutningstagerne i virksomheder i vækst for energibesparelser.

1.1 Energibesparelspotentiale i industrien på brancheniveau

For at identificere de virksomheder, der må forventes at have det største totale energibesparelspotentiale, er der foretaget en opdeling af industriens energiforbrug på brancher. Det ses af tabel 1.1.1, at de mest energitunge brancher i Danmark er nærings- og nydelsesmiddelindustrien, kemisk industri samt sten-, ler-, og glasindustrien. Ca. 66% af industriens energiforbrug i 1990 blev anvendt i nærings- og nydelsesmiddelindustrien, kemisk industri samt sten-, ler-, og glasindustrien. Fordelingen af de enkelte branchers energiforbrug er foretaget på energikilder.

Tabel 1.1.1 Branchernes energiforbrug i 1990 fordelt på energikilder

Branche	Fast brændsel (1000 GJ)	Olie (1000 GJ)	Gas (1000 GJ)	El (1000 GJ)
Råstofudvinding	1.194	192	13	173
Nærings- og nydelsesmiddel	5.104	10.509	7.981	6.514
Tekstil-, beklædning og læder	3	773	1.165	812
Træ- og møbelindustri	5.590	803	114	1.425
Papir- og grafisk industri	1.661	1.227	2.736	2.043
Kemisk industri m.m	95	6.233	16.985	5.739
Sten-, ler-, og glasindustri	7.982	7.599	5.568	2.204
Jern-, og metalværker	129	215	1.923	2.369
Jern- og metalindustri	149	3.311	2.053	4.733
Anden industri	23	80	29	282

Der er foretaget en analyse af energiforbruget i de enkelte brancher i perioder 1980 til 1990 for at fastslå, om der er variationer i nævneværdigt omfang. I tabel 1.1.2 er udviklingen i energiforbruget i de enkelte brancher vist.

Indenfor de tre energitunge brancher er der nogen variation i energiforbruget. Det bemærkes, at energiforbruget i sten-, ler- og glasindustrien er faldet betragteligt i perioden. Det skyldes antageligt, at forbruget af mur- og teglsten er reduceret betydeligt.

Tabel 1.1.2 Udviklingen i branchernes energiforbrug i perioden 1980-1990.

Branche	1980 (1000 GJ)	1983 (1000 GJ)	1985 (1000 GJ)	1988 (1000 GJ)	1990 (1000 GJ)
Råstofudvinding	1.496	1.505	1.611	1.786	1.572
Nærings- og nydelsesmiddel	30.224	27.850	28.972	29.317	30.108
Tekstil-, beklædning, og læder	2.831	2.812	3.154	3.304	2.753
Træ- og møbelindustri	4.969	5.196	5.843	6.754	7.932
Papir- og grafisk	6.133	6.579	6.919	6.766	7.667
Kemisk industri m.m	26.699	26.284	27.172	29.030	29.052
Sten-, ler-, og glas	30.291	18.426	21.507	22.079	23.353
Jern-, og metalværker	6.815	4.361	4.613	4.706	4.636
Jern- og metalindustri	10.348	9.854	10.842	11.280	10.246
Anden industri	323	259	323	373	414

De største stigninger i det samlede energiforbrug i perioden 1980-90, er sket indenfor træ- og møbelindustrien (59%), papir- og grafiske industri (25%) og "anden industri (28%)". Den konstaterede stigning i såvel el- som varmemeforbruget indenfor træ- og møbelindustrien, kan til dels forklares med en stigning i produktionsmængden i starten af 80'erne. Men fra 1985-86 har den årlige produktionsmængde været konstant. Det samme forhold er gældende for papirindustrien. Produktionsmængden i "anden industri" er derimod steget. Sammenfattende kan det bemærkes, at industriens samlede energiforbrug i 1990 er lidt lavere end forbruget i 1973 før oliekrisen.

1.2 Energibesparelspotentiale på forskellige slutanvendelsesområder

Tabel 1.2.1 angiver størrelsen af de forventede realiserbare elbesparelspotentialer på eksisterende anlæg, fordelt på anvendelsesområder. Besparellesprocenten gælder besparelser, der kan realiseres med en simpel tilbagebetalingstid på under 4 år.

Tabel 1.2.1 Elbesparelsemulighederne i industrien

Anvendelsesområde	Årligt elforbrug, 1990 (GWh)	Elbesparelspotentiale (%)	Elbesparelspotentiale, absolut (GWh)
Belysning	876	5,9	51,7
Ventilation	657	8,3	54,5
Trykluft	584	10,4	60,7
Køling	657	11,1	72,9
Procesvarme	803	3,9	31,3
Pumpning	803	3,8	30,5
Forarbejdende maskiner	2.556	0,1	2,6
Andet	368	0,7	2,6
Ialt	7.304	4,2	306,8

Såfremt der indføres energistyring, og nye anlæg underkastes energirigtig projektering, vil besparellesprocenten kunne øges væsentligt. Indenfor eksempelvis pumpning, kan der opnås meget store energibesparelser ved energistyring og energirigtig projektering. Energirigtig projektering, der følges op af energistyring vil ofte kunne medføre besparelspotentialer, som er 10 gange større end de ca. 4%, der er nævnt i tabel 1.2.1. Som eksempel kan nævnes, at alene

behovsstyring af en pumpe med omdrejningsregulering typisk kan reducere energiforbruget med 30-35%.

Varmebesparelspotential for forskellige anvendelsesområder i industrien er angivet i tabel 1.2.2. Besparellesprocenten gælder varmebesparelser, der kan realiseres med en simpel tilbagebetalingstid på under 4 år.

Tabel 1.2.2 Varmebearelseemulighederne i industrien

Anvendelsesområde	Årligt varmekorbrug, 1990 (1000 GJ)	Varnebearelseepotentiale (%)	Varnebearelseepotentiale, absolut (1000 GJ)
Rumvarme	10.973	4,4	483
Tørring	19.202	6,0	1.152
Kogning	1.829	6,0	110
Inddampning	12.801	6,0	768
Smeltning	11.887	6,0	713
Brænding	4.572	6,0	274
Anden procesvarme	30.175	6,0	1.810
Ialt	91.439	5,8	5.310

Fordelingen af varmekorbruget på anvendelsesområder, er foretaget efter ref.1 og ref.2.

1.3 Udvælgelse af case i den grafiske industri

Ved udvælgelsen af en case til afprøvning af den udviklede livsforløbsmetode, er det valgt at bruge en case fra den grafiske branche. Den grafiske branche er interessant for dette projekt af flere årsager. Branchen har for det første ikke tradition for at fokusere på energiforbruget. Derfor må det forventes at der kan realiseres betydelige energibesparelser, der også i virksomhedsøkonomisk sammenhæng vil være interessante. Desuden har den grafiske branche et betydeligt forbrug af opløsningsmidler, der giver en effekt på såvel det ydre miljø som arbejdsmiljøet. Den grafiske branche giver derfor mulighed for at undersøge sammenhængen mellem energimæssige, miljømæssige og økonomiske aspekter i livscyklussammenhæng.

Den grafiske branche er et af de industriområder, der er inde i den største vækst i disse år. Den grafiske branche er kendetegnet ved små og mellemstore virksomheder, bortset fra de virksomheder, der producerer dag- og ugeblade. Over 60% af virksomhederne har under 20 ansatte. Dog er ca. 60% af arbejdsstyrken ansat i virksomheder, der har mere end 50 ansatte. Omkostningerne i forbindelse med energiforbruget udgør normalt en meget lille del af de samlede omkostninger på virksomhederne. Energiforbruget har derfor kun haft lille bevågenhed i branchen.

I den senere tid er der gennem Grafisk Arbejdsgiverforening forsøgt at sætte fokus på energi- og miljøforholdene i branchen. Der er blandt andet udarbejdet en brancheenergianalyse, der afdækker branchens energiforbrug og dets anvendelse samt de muligheder, der er for at reducere energiforbruget. Resultaterne i brancheenergianalysen har vist, at der er nedenstående omtrentlige fordeling af elforbruget i branchen.

Tabel 1.3.1 Elforbruget i den grafiske branche

Anvendelsesområde	Anvendelsesområde (%)
Klargøring (pre-press)	3
Proces	38
Efterbehandling(skæring, indbinding m.m)	4
Hjælpeteknologier (køling, trykluft m.m)	14
Ventilation	14
Belysning	16
Andet	11

Brancheenergianalysen har desuden vist den efterfølgende fordeling af varmekorbruget.

Tabel 1.3.2 Varmeforbruget i den grafiske branche

Anvendelsesområde	Anvendelsesområde (%)
Transmissionstab	51
Ventilationstab	43
Tab i fyringsanlæg	4
Andet	2

I brancheenergianalysen er der ikke foretaget et skøn over energibesparellespotentialer i branchen eller på de slutanvendelsesområder, der anvendes i branchen. Men det skønnes, at der som minimum kan påvises besparellespotentialer for el- og varmekorbruget i samme størrelsesorden som for industrien generelt, idet den grafiske branche med få undtagelser består af mindre virksomheder, hvor der traditionelt er mulighed for høje energibesparellesprocenter.

Som det fremgår af opgørelserne for både el- og varmekorbruget, har ventilation stor indflydelse på energiforbruget i den grafiske branche. Det skyldes branchens generelle behov for højt luftskifte af produktionslokalerne af arbejdsmiljøhensyn. Da ventilation i den grafiske branche således indeholder både energimæssige og miljø-/arbejdsmiljømæssige aspekter med deraf følgende økonomiske konsekvenser for virksomhederne, er det valgt at benytte et case vedrørende ændring af et ventilationsanlæg i en grafisk virksomhed til afprøvning af den udviklede vurderingsmetode. Casen, der danner baggrund for afprøvningen af den udviklede metode, omhandler en konkret situation som en mellemstor grafisk virksomhed skal tage stilling til i forbindelse med en udvidelse af produktionen.

Ventilation er desuden en generelt udbredt teknologi i alle industribrancher.

2. Beskrivelse af case

Som case er der valgt en konkret mellemstor grafisk virksomhed, der står overfor at skulle udvide produktionskapaciteten. Virksomheden, der er et trykkeri, skal inden længe indkøbe og opstille én yderligere trykkepresse. Trykkepresser afgiver varme og opløsningsmiddeldampe til omgivelserne og er derfor opstillet i et ventileret lokale. Den nye maskine har derfor som de øvrige maskiner et ventilationsbehov. Den nye trykkepresse har dog en lavere varmeafgivelse og afgivelse af opløsningsmiddeldampe end de eksisterende maskiner. Det er skønnet, at det eksisterende ventilationsanlæg ikke er stort nok til at dække det forøgede ventilationsbehov på grund af den nye trykkepresse. Virksomheden skal derfor foretage en investering i nyt ventilationsudstyr. Virksomheden er stillet over for et valg mellem to alternative muligheder til at opfylde det ændrede ventilationsbehov. Enten kan virksomheden udvide det eksisterende ventilationsanlæg, så det også betjener den nye trykkepresse. Alternativt kan virksomheden ombygge det eksisterende ventilationssystem, så det fungerer efter et andet og mere energirigtigt princip.

Virksomheden er i færd med at opbygge et miljøledelsessystem og har i den forbindelse fået foretaget et energisyn. Et energisyn er en minutiøs gennemgang af en virksomheds energiforbrug, hvor der skitseres muligheder for at reducere energiforbruget. Der er således fra virksomhedens side fokus på energi og miljø.

Caset rummer flere interessante aspekter i LCA- og teknologivurderingssammenhæng:

- Et valg mellem to forskellige (ventilations-)teknologier, hvor der er en betydelig forskel i energiforbrug under drift.
- En række afledte konsekvenser af valget af teknologi, idet der er mulige påvirkninger af andre ressourceforbrug end energiforbruget samt en markant påvirkning af arbejdsmiljøet.
- Der er en høj grad af ubestemthed omkring en række konsekvenser af teknologivalget. Ikke mindst følgerne for produktkvaliteten og anlægsfleksibiliteten er ukendte - forhold der ofte har afgørende betydning for valget af teknologi.

Det eksisterende ventilationsanlæg og ventilationsprincip er vurderet i forbindelse med det omtalte energisyn. På baggrund heraf er der foreslået en gennemgribende ændring af ventilationsanlægget for trykkepresserne således, at det nuværende opblandingsprincip afløses af et nyt ventilationsprincip, hvor varme og dampe fjernes ved kilderne.

Ved afprøvningen af livsforløbsmetoden anvendes det eksisterende ventilationsanlæg med den udvidelse, der i givet fald skal foretages, som referencesituationen. Det alternative ventilationsanlæg vurderes i forhold til denne referencesituation.

2.1 Beskrivelse af den energibesparende foranstaltning og referencesystemet

2.1.1 Det eksisterende ventilationsprincip

Det eksisterende ventilationsanlæg er som nævnt opbygget efter opblandingsprincippet. Opblandingsprincippet fungerer ved, at der tilføres en så stor luftmængde til det lokale, der skal ventileres, at koncentrationen af den uønskede komponent nedbringes tilstrækkeligt ved

"fortynding". Hos virksomheden tilføres der i lokalet med trykkepresserne luft gennem armaturer placeret i loftet, og afkastluften tages ud gennem armaturer, der ligeledes er placeret i loftet. Indblæsningsarmaturene er placeret over trykkepresserne, og udsugningsarmaturene er placeret mellem maskinerne. Det er herved tilstræbt at blæse opløsningsmiddeldampene væk fra driftsoperatøren, når denne befinder sig tæt ved maskinerne. Til gengæld spredes varme og dampe fra maskinerne til hele produktionslokalet, hvorved rumtemperaturen og koncentrationen af dampe kun kan holdes på et acceptabelt niveau ved at holde et højt luftskifte. Luftskiftet i lokalet er ca. 6 gange pr. time. Ventilationsprincippet er vist på figur 2.1.1.

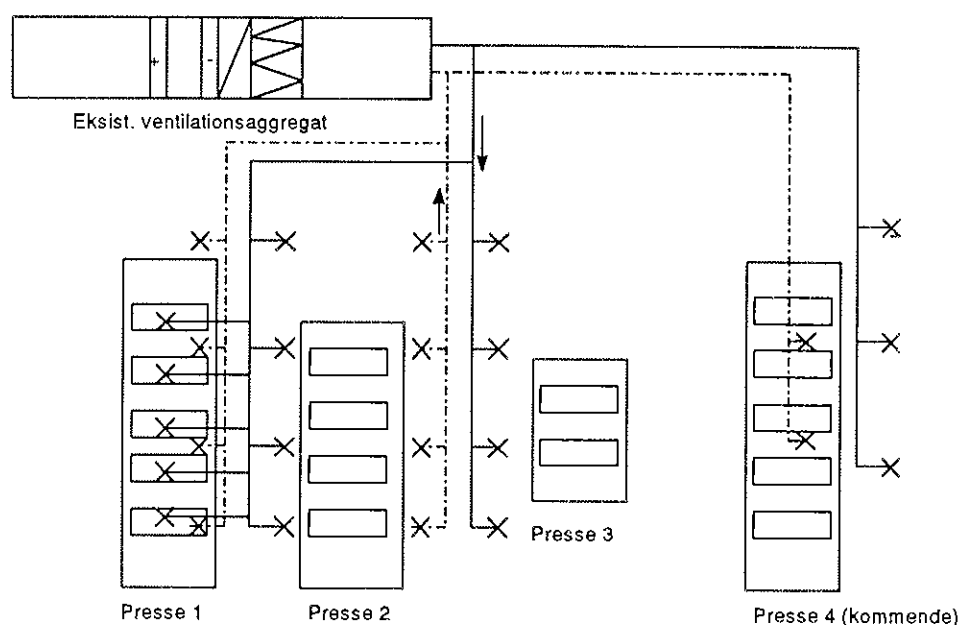


Figure 2.1.1 Skitse af referenceanlæg

For at reducere koncentrationen af rensmiddel under valserengøring, er der desuden monteret et antal indblæsningsarmaturer over trykværkerne, som aktiveres ved rengøring for at blæse dampene væk fra operatøren og ud i rummet.

Ventilatormotorene er 2-hastighedsmotorer. Normalt køres med lav hastighed svarende til 2/3 af nominelt luftskifte. Når rumtemperaturen stiger til over det acceptable, stilles automatisk om til nominelt luftskifte. Om natten kobles automatisk om til 100% recirkulation for at spare energi, og den ene ventilator stoppes.

I sommerperioden køles indblæsningsluften ned til ca. 19°C ved hjælp af en køleflade, der er indbygget i ventilationsanlægget. Kølefladen er forsynet fra et kompressionskøleanlæg. Ventilationsanlægget er desuden forsynet med en fjernvarmeopvarmet varmeplade, der opvarmer indblæsningsluften om vinteren samt en varmeveksler til varmegenvinding.

Der holdes en konstant luftfugtighed i lokalet på 55% rf. ved hjælp af dysebefugtere, som sprayer en vandtåge ud i rummet.

Ventilationsanlæggets primære funktion er at fjerne dampe fra opløsningsmidler, og sekundært at fjerne overskudsvarme fra lokalet. I øjeblikket har fjernelse af overskudsvarme i praksis første prioritet, idet anlæggets drift styres af temperaturfølere. Det bekræftes også af, at elmålinger afslørede, at selv om der i flere år har været arbejdet i treholdsskift, kører anlægget fortsat med recirkulationsdrift om natten. I nattetimerne tilføres lokalet således alene frisk luft ved det naturlige luftskifte i lokalet gennem åbne døre og vinduer.

Det eksisterende anlæg har ikke kapacitet til at tage en yderligere trykkepresse, og der vil derfor være behov for at øge kapaciteten. Det kan gøres ved at etablere et nyt ventilationsanlæg beregnet på den nye trykkepresse eller ved at øge ydelsen af det eksisterende ventilationsanlæg. Det antages, at det er muligt at forøge luftmængden fra det eksisterende ventilationsaggregat således, at det yder en luftmængde, der er tilstrækkelig til også at betjene den nye trykkemaskine. Der etableres nye afgreninger fra den eksisterende ventilationskanal til den nye maskine.

2.1.2 Det alternative ventilationsprincip - Coanda-ventilation

Det alternative ventilationsprincip fungerer efter det såkaldte pull push-princip. Ved push pull-princippet blæses en luftstrøm hen over den maskine eller lignende, der skal ventileres fra den ene side, og luften afsuges fra maskinens modsatte side. Herved dannes en slags lufttæppe af ventilationsluften, der sikrer en meget høj grad af fjernelse af varme, dampe m.v. fra det område, der ventileres. Det skønnes, at ca. halvdelen af den udviklede varme fra trykkepresserne samt 90% af opløsningsmiddeldampene fjernes ved denne type ventilation. Luftbevægelsen skabes af små ventilatorer i indblæsningsarmaturene. Den høje effektivitet af ventilationen forventes at forøge den termiske og kemiske komfort markant i forhold til den nuværende situation. Endvidere vil behovet for en udvidelse af det eksisterende ventilationsanlæg blive elimineret, da luftmængderne ved det alternative ventilationsprincip er langt mindre end ved det nuværende princip. Etableringen af den nye trykkepresse betyder således ikke en udvidelse af ventilationskapaciteten. Ventilationssystemet er specielt udviklet til brug ved trykkepresser, og markedsføres under navnet Coanda-ventilation.

Som alternativ til referenceanlægget foreslås det at ændre de eksisterende udsugningskanaler, således at Coanda-udsugningsarmaturene tilkobles det eksisterende udsugningssystem. Det eksisterende indblæsningssystem bibeholdes i et vist omfang, idet hovedkanalerne bibeholdes og føres til fortrængningsarmaturer istedet for de eksisterende armaturer over maskinerne. De eksisterende armaturer inklusiv afgreningerne til disse fjernes. Ventilationsanlæggets luftmængder nedjusteres så de passer til de reducerede luftmængder, der kræves af Coanda-ventilationen. Der installeres såkaldte Coanda-armaturer direkte på trykværkerne. Der føres ventilationskanaler fra Coanda-armaturene til det eksisterende udsugningskanalsystem. En mindre del af udsugningskanalerne bliver overflødige og fjernes.

Desuden sættes separat afsugning fra hovedmotorene på trykkepresserne, som driver valserne, for at fjerne varmen fra disse. Endelig etableres loftafsugning til fjernelse af restdampe samt overskudsvarme fra belysningsanlæggene.

2.1.3 Relationerne mellem referenceanlægget, det alternative anlæg samt omgivelserne

I det følgende redegøres for den eksisterende samt den alternative teknologiske relationer/påvirkninger til omgivelserne indenfor de fire områder energi, miljø, arbejdsmiljø og økonomi.

Energi

Begge typer ventilationsanlæg bruger elektricitet til ventilatoren(-erne), der transporterer ventilationsluften. Energiforbruget hertil afhænger af den transporterede luftmængde i 3. potens.

Opvarmningen af indblæsningsluften foretages i vinterperioden i begge tilfælde med en varmeplade, der er indbygget i indblæsningsdelen af ventilationsanlægget. Varmepladen er forsynet fra en fjernvarmeinstallation. Køling af indblæsningsluften i sommerperioden foretages med en køleplade, der ligeledes er indbygget i ventilationsanlæggets indblæsningsdel. Kølepladen er forsynet fra et elektrisk drevet køleanlæg.

Der er som nævnt installeret et befugtningsanlæg i produktionslokalet for at holde en konstant fugtighed i lokalet. Befugtningsanlægget, som ikke er en integreret del af ventilationsanlægget, anvender trykluft til forstøvning af vandet. Tryklufften leveres fra en trykluftkompressor.

Den kommende trykkepresse ventes at være forsynet med valsekøleanlæg. Dette vil reducere varmebelastningen fra pressen markant og dermed reducere behovet for luftskifte. I stedet vil der introduceres et elforbrug til drift af køleanlægget.

Når de to ventilationskoncepter sammenlignes, er der nogle markante forskelle i energiforbruget under drift. Ventilationsanlæg, der er opbygget efter Coanda-princippet, har et energiforbrug til transport af luft, der er langt lavere end et tilsvarende konventionelt ventilationsanlæg. Det er beregnet, at elforbruget til drift af ventilatorer vil blive reduceret med ca. 90%. Endvidere vil elforbruget til drift af køle-, trykluft- og befugtningsanlæggene ligeledes blive reduceret markant, da behovet for drift af de nævnte anlæg vil blive reduceret i takt med reduktionen i ventilationsluftmængden. Det er beregnet, at elforbruget til ventilations-, køle-, trykluft og befugtningsanlæggene i gennemsnit vil blive reduceret med ca. 88%, hvilket er en overordentlig stor besparelelsesprocent.

Der vil også være en betydelig reduktion i varmekonsumet, da luftmængden, der skal opvarmes, er reduceret med Coanda-ventilation. Det er beregnet, at Coanda-ventilationskonceptet vil betyde en reduktion i den årlige varmeudgift på ca. 48%.

Miljø

Uanset om det traditionelle ventilationskoncept bibeholdes, eller om der indføres Coanda-ventilation, vil der ske en påvirkning af virksomhedens omgivelser med opløsningsmiddel dampe og i et vist omfang ventilationsstøj. Påvirkningen af virksomhedens ydre miljø vil blive øget som følge af den nye trykkepresse, da emissionerne af opløsningsmidler forøges. Da erfaringer fra andre trykkerier, hvor et traditionelt ventilationsanlæg er erstattet med Coanda-ventilation viser, at forbruget af sprit og fugtevand ikke ændres, vil emissionen af opløsningsmiddel være den samme for begge typer ventilationsanlæg. Indførelse af Coanda-ventilation vil derfor ikke medføre en ændring i opløsningsmidelemmissionen. Støjemissionen til omgivelserne fra ventilationsanlægget vil derimod sandsynligvis være mindre med Coanda-anlæg end med traditionelle ventilationsanlæg på grund af den reducerede luftmængde. Den nye trykkepresse vil alt andet lige betyde en øget støjbelastning som følge af den ekstra luftmængde fra denne maskine.

Der er et vandforbrug til befugtning af produktionslokalet, samt til fremstilling af fugtevand til trykkeprocessen. Vandforbruget til befugtning af lokalet er proportionalt med luftskiftet, og

vandforbruget til fremstilling af fugtevand afhænger af produktmængden samt afdampningshastigheden fra papiret under trykningen. Erfaringerne fra ombygninger i andre trykkerier fra traditionel ventilation til Coanda-ventilation har vist, at der ikke sker ændringer i forbruget af fugtevand. Derimod er der en reduktion i forbruget af vand til befugtning af produktionslokalet, da luftmængderne er langt mindre ved Coanda-ventilation.

For begge typer ventilationsanlæg gælder, at der sker en løbende udskiftning af filtre m.m., der skal bortskaffes. Det skønnes umiddelbart, at mængden og typen af filtre, sliddele m.m. der udskiftes vil være omtrent den samme for begge anlægskoncepter. På sigt skal der ske bortskaffelse af ventilationsanlæggenes dele efter endt brug. Da der foretages en delvis udskiftning af et eksisterende ventilationsanlæg, der forventes at have en restlevetid på ca. 6 år, skal der tages hensyn til dette ved opgørelsen af energi- og miljøbelastningerne. Udskiftning af hele eller dele af det eksisterende anlæg vil bl.a. medføre en tidligere produktion af affald set i forhold til situationen, hvor anlægget først blev nedtaget ved afslutningen af sin levetid. Det eksisterende anlæg kunne have kørt ca. 6 år mere, uden at der ville være et materiale- og energiforbrug til fremstilling af et nyt anlæg samt behov for bortskaffelse af anlægget.

Arbejds miljø

Ventilationsanlægget for produktionslokalet er primært etableret som en arbejdsmiljøforanstaltning. Anlæggets evne til at fjerne overskudsvarme og opløsningsmiddeldampe er helt afgørende for arbejdsmiljøet. Der er ikke foretaget målinger af koncentrationen af opløsningsmidler, men temperaturen i lokalet registreres løbende. I sommerperioden startes køleanlægget, når temperaturen i lokalet er ca. 8°C over udetemperaturen. Køleanlægget er i øvrigt ikke stort nok til at holde produktionslokalet på den ønskede temperatur (19°C) en varm sommerdag.

Ventilationsluftens fordeling, strømningshastigheder samt temperaturer har betydning for oplevelsen af trækgener og for høje koncentrationer af opløsningsmidler i luften. Der er ikke rapporteret om utilfredshed med det eksisterende anlægs funktion. Det eksisterende ventilationsanlæg er som nævnt forsynet med et antal indblæsningsarmaturer, der kan aktiveres (manuelt) under rengøring, så der kompenseres for den ekstra høje koncentration af opløsningsmiddeldampe. Dampene blæses væk fra operatøren og ud i lokalet. Den urstyrede recirkulationsfunktion af det eksisterende ventilationsanlæg kan medføre, at der ikke er luftskifte i perioder om aftenen og natten, hvor der er produktion og dermed emission af dampe. Det betragtes som en fejl ved programmeringen af anlæggets styring og ikke som et udtryk for, at det eksisterende ventilationsanlæg ventilerer dårligt i de nævnte perioder. Der er ikke nogen registrerbar støjbelastning fra det eksisterende ventilationsanlæg.

Emissionerne af varme og dampe til lokalet forventes reduceret markant, hvis der etableres et Coanda-ventilationsanlæg. Det vil medføre, at det termiske og kemiske arbejdsmiljø vil forbedres betydeligt. Der vil dog stadig være en vis emission af opløsningsmiddeldampe og især varme fra trykkepresseme. Det forventes, at Coanda-armaturene vil være i drift hele tiden, uanset om der produceres på de enkelte trykkemaskiner eller ej. Det skyldes, at der også vil være en afdunstning fra maskiner, der ikke kører, som følge af farverester på valserne. Endvidere vil det være meget svært at undgå, at den meget fine luftbalance, der er en forudsætning for den høje effektivitet af Coanda-ventilationen, vil blive påvirket, hvis ventilationen til en eller flere maskiner afbrydes. Coanda-ventilationen vil derfor kun være standset i weekender og andre perioder, hvor der ikke produceres. Trykkemaskinernes tilgængelighed vil blive reduceret med Coanda-ventilation, idet indblæsnings- og udsugningsarmaturene udgør en slags ekstra kant langs med trykkeværkerne. Fabrikanten mener dog, at det ikke har haft nogen indflydelse de steder, hvor Coanda-armaturene

er blevet monteret. Erfaringer fra et trykkeri med et tilsvarende Coanda-ventilationsanlæg er, at armaturene efter en vis tilvænningsperiode ikke udgør noget problem med hensyn til tilgængeligheden af trykkemaskinerne.

Økonomi

Trykkeprocesserne er ikke direkte afhængige af ventilationsanlæggets drift. Det er en forudsætning for en god trykkekvalitet, at luftfugtigheden i produktionslokalet er konstant. Hvis der optræder store variationer i fugtigheden, kan det resultere i at papiret "arbejder", hvilket vil give fejl i trykningen og svigtende kvalitet.

Der er formentlig en indirekte økonomisk parameter fra arbejdsmiljøet, da det må antages at der er en sammenhæng mellem medarbejdernes produktivitet og arbejdsmiljøet, idet et stærkt forringet termisk eller kemisk arbejdsmiljø må forventes at gå ud over medarbejdernes ydeevne. Det er muligt, at problemer med at opretholde god klimakomfort kan resultere i et forøget sygefravær.

Da alle det eksisterende ventilationsanlægs installationer sidder under loftet, er der ingen påvirkninger af trykkemaskinernes fleksibilitet, driftssikkerhed eller andre økonomiske parametre. Operatøremes bevægelsesfrihed er heller ikke begrænset af ventilationsanlægget dele. Eneste systematiske vedligeholdelse er filterskift og tilsyn. Virksomheden har vedligeholdelsesaftale med leverandøren af anlægget. Det eksisterende ventilationsanlæg må betragtes som værende ret neutralt i forhold til produktionen og de parametre af økonomisk art, der knytter sig hertil. Det kan illustreres ved, at det eksisterende ventilationsanlæg uden større besvær, kunne benyttes i forbindelse med mange andre typer produktion i det ventilerede lokale.

Ved at overgå til Coanda-ventilation, vil der ske en række ændringer af trykkemaskinernes og personalets forhold. Som tidligere nævnt er der monteret indblæsnings- og udsugningsarmaturer direkte på trykkemaskinernes trykkeværker. Armaturene forringer i tiden lige efter etableringen personalets fleksibilitet på grund af de forringede adgangsforhold. Endvidere er Coanda-anlæggets armaturer specielt fabrikeret til at passe til den enkelte trykkemaskine. Det betyder, at det ikke uden videre er muligt at genanvende ventilationsanlægget, hvis f.eks. trykkemaskinerne udskiftes, eller der skal foregå en helt anden produktion i lokalet. Coanda-anlægget er designet og fabrikeret specielt til det aktuelle trykkeri i hvert eneste tilfælde. Det vil dog ikke blive aktuelt at kassere hele ventilationsanlægget i forbindelse med en udskiftning af trykkemaskinerne, da det i dette tilfælde vil være tilstrækkeligt at montere nye indblæsnings- og udsugningsarmaturer. Som for det eksisterende ventilationsanlæg vil der kun blive tale om en minimal vedligeholdelse af Coanda-ventilationsanlægget. Det skønnes dog, at der muligvis kan blive en forøget udskiftning af sliddele, da Coanda-ventilationsanlægget har et stort antal små indblæsningsventilatorer indbygget i indblæsningsarmaturene.

Hvis der sker en ændring i luftstrømmene hen over trykkeværkerne, som følge af indførelsen af Coanda-ventilation, kan det bevirke en ændring i forbruget af opløsningsmidler og fugtevand. Erfaringer fra andre trykkerier, hvor der er indført Coanda-ventilation, har vist, at ændringen i forbrugene ikke har været registrerbare. Der er heller ikke registreret et ændret vandforbrug til befugtning i produktionslokalet, hvilket givetvis skyldes, at dette forbrug ikke måles specifikt. Vandforbruget til befugtning er proportionalt med luftskiftet, der ved Coanda-ventilation er reduceret til under ca. 50% af det oprindelige.

Virksomheden har udtrykt nogen betænkelighed ved, om Coanda-ventilationen kan medføre en uensartet tørring af valserne med forringet trykkekvalitet til følge. Det skyldes, at Coanda-

ventilationen sender en betydeligt større luftmængde hen over trykkeværkernes valser end det eksisterende ventilationsanlæg. Erfaringer fra andre trykkerier, hvor systemet er installeret, har dog vist at systemet ikke har medført nogen ændringer af kvalitetsmæssigt art. Det kan ikke afvises fuldstændigt, at Coanda-systemet vil påvirke kassationsprocenten, da det aldrig vides med sikkerhed, hvilke ændringer et ombygget ventilationsanlæg vil medføre. Hvis det eksisterende ventilationsanlæg ombygges, som det i givet fald skal, hvis ikke der etableres Coanda-ventilation, kunne denne ombygning ligeledes medføre en påvirkning af kvaliteten.

Fabrikanten mener ikke at Coanda-ventilation medfører nogen som helst ændringer i trykkeprocessen, forbruget af hjælpestoffer eller lignende, og ej heller en fornyet indstilling af trykkepresserne. Argumentet for denne kategoriske udtalelse er, at hvis Coanda-ventilationen medførte ulemper som eksempelvis øget kassationsprocent, øget forbrug af opløsningsmidler eller farve, øget spild eller lignende for de anlæg, hvor det er blevet monteret, ville det være umuligt at sælge systemet.

2.2 Virksomhedens overvejelser i forbindelse med indførelse af den energibesparende foranstaltning

Før det egentlige arbejde med at afprøve den udviklede analysemetode, er det fundet formålstjenligt at undersøge, hvilke parametre virksomheden normalt inddrager i overvejelserne, når der skal installeres nyt udstyr af denne type. Der er derfor afholdt et møde mellem virksomhedens direktør, den teknisk ansvarlige og projektgruppen med dette formål.

Det energibesparende tiltag er beskrevet i den udarbejdede energisynsrapport. Virksomheden benytter en ekstern konsulent, når der skal foretages større ændringer i de tekniske anlæg. I dette tilfælde er en tidligere medarbejder tilknyttet ventilationsprojektet som konsulent. Konsulenten har tidligere projekteret det eksisterende ventilationsanlæg.

Der er efter virksomhedens opfattelse tvivl om energibesparelsens størrelse. Den energibesparelse, der er beregnet i energisynsrapporten, er vurderet af den konsulent, der har projekteret det eksisterende anlæg. Konsulenten mener, at besparelsen er betydeligt lavere, og dermed er der tvivl om projektets økonomi. Den økonomiske faktor er som for alle virksomheder betydningsfuld, og der skal derfor skabes fuldstændig klarhed over størrelsen af den energibesparelse, der kan opnås med det alternative ventilationskoncept. Virksomhedens normale krav til energibesparelser er, at de skal kunne tjenes ind på maksimalt ca. 1,5 år. Hvis andre parametre end energibesparelsen er vigtige dele af vurderingen af tiltaget, kan kravet til tilbagebetalingstid lempes. En af disse parametre er arbejdsmiljøet, da virksomheden mener et godt arbejdsmiljø kan føre til øget effektivitet af medarbejderne.

Virksomheden støtter sig i høj grad til den konsulent, som virksomheden normalt benytter ved projekter af denne art. Konsulenten mener som tidligere nævnt, at der kun skal foretages små eller ingen ændringer i det eksisterende ventilationsanlæg for, at det også kan betjene den nye trykkemaskine. Hvis der skulle blive tale om at installere et nyt ventilationsanlæg for den nye trykkemaskine, ville det blive opbygget med samme ventilationsprincip som det eksisterende. Virksomheden har valgt at støtte sig til råd og vejledning fra den nuværende konsulent fremfor den konsulent der udførte energisynet. Arbejdsmiljøet er allerede godt med hensyn til de kemiske og termiske påvirkninger fra spritdampe og varme. Virksomheden er opmærksom på at de nævnte påvirkninger givetvis vil kunne nedbringes med det alternative ventilationskoncept, men det er svært at vurdere effekten af det ændrede arbejdsmiljø. Det skal bemærkes, at virksomheden ikke har nogen udpræget frygt for, at der kan opstå produktionsmæssige problemer som

kvalitetsforringelse af produktionen, driftsforstyrrelser og lignende, da det alternative ventilationskoncept er installeret på andre tilsvarende virksomheder uden denne type problemer.

De parametre og spørgsmål der er berørt i det ovenstående, er interessante for virksomheden dels fordi virksomheden er i færd med at indføre miljøstyring, og dels fordi virksomheden gerne vil spare energi og dermed penge. Arbejdsmiljøet har indflydelse på, om virksomheden vil nå et tilfredsstillende resultat i arbejdet med at indføre miljøstyring. Den udviklede analysemetode skal derfor kunne anvendes til at vurdere både faktuelle parametre som energiforbrug/-besparelse, investering og drifts- og vedlige-holdelsesomkostninger, og kvalitative parametre som arbejdsmiljø og produktionstekniske forhold (produktkvalitet, pladsforhold m.m). Virksomheden mener umiddelbart, at den udviklede analysemetode vil være brugbar for virksomheden ved vurdering af de energi- og miljømæssige konsekvenser ved indkøb eller ændring af en teknisk installation. Derfor har virksomheden indvilget i at gennemgå den udviklede metode, og formulere ændringsforslag til opbygningen af de skemaer og vejledninger, der udgør metodeværktøjet.

3. Indledende teknologivurdering - vurdering af case

3.1 Udfyldelse af skema

3.1.1 Systembeskrivelse

Overordnede data for energibesparesestiltaget og sammenligning med det system, energibesparelsen erstatter (reference-systemet).

1. Hvorfor overvejes det at indføre den energibesparende foranstaltning?

Ventilationsbehovet ændres som følge af en yderligere trykkemaskine. Behovet kan dækkes af det eksisterende ventilationsanlæg, hvis det ombygges, og kapaciteten udvides. Alternativt kan ventilationsbehovet dækkes med det eksisterende ventilationsanlæg efter ombygning til et nyt ventilationsprincip, Coanda-ventilation.

2. Beskrivelse af energibesparesestiltaget (dvs. de komponenter, som energibesparelssystemet består af):

Coanda-ventilation fungerer ved, at ventilationsluften ledes hen over trykkemaskinernes valser for herved at fjerne overskudsvarme og dampe af opløsningsmidler ved kilden. Ved Coanda-ventilation monteres ventilationsarmaturer direkte pålved det sted, der skal ventileres. Herved nedbringes luftmængden betydeligt.

3. Hvilken type energibesparende foranstaltning er der tale om (en procesændring, en systemændring, udskiftning af en komponent, eller andet)?

Indførelsen af Coanda-ventilation vil give anledning til udskiftning af flere komponenter - nogle er eksisterende, og andre en nye. Der er tale om en systemændring.

4. Beskrivelse af referencesystemet, som energibesparelsen erstatter:

Referencesystemet er det eksisterende ventilationsanlæg efter en udbygning til større kapacitet, således, at anlægget kan betjene både eksisterende trykkemaskiner og en ny trykkemaskine. Det eksisterende system fungerer efter opblandingsprincippet.

3.1.2 Direkte økonomiske konsekvenser

5. Hvad er værdien af den årlige energibesparelse i kroner i forhold til referencesystemet?

82.000 kr.

6. Hvad er prisen på energibesparestiltaget (hele systemet inkl.) i forhold til referencesystemet?

EBF: 400.000 kr, Referencesystem: 50.000 kr (merpris: 350.000 kr)

7. Hvad er den simple tilbagebetalingstid?

4,3 år

8. Er der andre væsentlige omkostninger/besparelser, der bør medtages ved første sammenligning af de to systemer?

Måske større kassationsprocent, forringet tilgængelighed for personale, lavere vand- og tryk-luftforbrug.

3.2 Skema for den indledende teknologivurdering

Skema 1. Systembetragtninger ved sammenligning af referencesystem og det alternative system (den energibesparende foranstaltning), (opgørelse af de væsentligste konsekvenser). Skemaet fortsættes næste side.

		Energi	Ydre miljø	Arbejds-miljø	Økonomi
	Forskel i levetid af de to sammenlignelige systemer				- (B)
	Forskel i investeringsomkostninger ved de to sammenlignelige systemer				-- (A)
Påvirkning af produkt	Afsætningsforhold				0 (A)
	Kassationsprocent		- (B)	- (B)	- (B)
	Kvalitetsændringer				- (B)
	Andet	0 (B)	0 (B)	0 (B)	0 (B)
Påvirkning af proces-parametre	Forbrug af hjælpestoffer				- (B)
	Driftssikkerhed				- (B)
	Fleksibilitet				- (A)
	Rengøringsbehov		0 (A)	0 (A)	0 (A)
	Vedligeholdelse			- (B)	- (B)
	Andet	0 (B)	0 (B)	0 (B)	0 (B)
Påvirkning af organisation og videns-behov	Behov for viden			0 (A)	0 (A)
	Behov for arbejdskraft				0 (A)
	Ændring i organisation			0 (A)	0 (A)
	Andet	0 (B)	0 (B)	0 (B)	0 (B)
Påvirkning af produktivitet	Produktionskapacitet				0 (B)
	Arbejdstempo			0 (A)	
	Sygefravær			+ (B)	+ (B)
	Andet	0 (B)	0 (B)	0 (B)	0 (B)

Skemaet er en fortsættelse af skema 1 på forrige side

		Energi	Ydre miljø	Arbejds-miljø	Økonomi
Påvirkning af arbejdsmiljø	Kemiske påvirkninger			++ (A)	
	Ergonomiske påvirkninger			- (A)	0 (A)
	Psykelige arbejdsmiljøbelastninger			+ (B)	0 (B)
	Støj, vibrationer inden for virksomheden			0 (A)	
	Termiske belastninger, indeklima	+ (A)	0 (A)	+ (A)	0 (A)
	Indretning på virksomheden	0 (B)	0 (B)	0 (B)	0 (B)
	Risiko for arbejdsulykker			0 (A)	0 (A)
	Andet	0 (B)	0 (B)	0 (B)	0 (B)
Påvirkning af ydre miljø	Ændring i emissioner til luft		0 (B)		
	Ændring i emissioner til vand		0 (A)		0 (A)
	Ændring i emissioner til jord		0 (A)		0 (A)
	Ændring i støjforhold, lugtforhold		0 (A)		
	Ændring i virksomhedens udseende		0 (A)		
	Ændring i spildprodukter	0 (B)	- (B)		- (B)
	Andet	0 (B)	0 (B)		0 (B)

I hvilken rækkefølge prioriterer virksomheden de 4 parametre: Energi-, miljø , arbejdsmiljø og økonomi?

3	Energi
4	Miljø
2	Arbejdsmiljø
1	Økonomi

Set i lyset af ovenstående nummerering foretages en særskilt vurdering af hver af de 4 områder.

Vurderingen foretages ud fra skema 1. Skemaet har fire lodrette kolonner, én for hver af de fire parametre, energi, miljø, arbejdsmiljø og økonomi. Hver parameter vurderes separat, og det er kun de parametre, som virksomheden prioriterer, der vurderes.

Når hver enkelt kolonne/parameter vurderes, foretages der et skøn over antallet af -'er og +'er i kolonnen samt usikkerhederne ved disse.

- 0 ingen ændring
- + der vil ske en marginal forbedring
- ++ der vil ske en betydelig forbedring
- der vil ske en marginal forværring
- der vil ske en betydelig forværring

3.3 Resultat af skema

Det ydre miljø vil stort set ikke påvirkes ved overgang fra referencesystemet til den energibesparende foranstaltning, og det kan derfor ikke være miljømæssige forhold, der taler for indførelsen af den energibesparende foranstaltning.

Med hensyn til arbejdsmiljø vil der imidlertid bedømt ud fra skemaet være en del forbedringer på virksomheden ved indførelse af den energibesparende foranstaltning.

Vurderes økonomikolonnen for sig vil der her være en del minustegn, hvilket betyder en forværring af de økonomiske forhold. De vurderede økonomiske konsekvenser er dog alle temmelig usikre.

Den simple tilbagebetalingstid er beregnet til 4,3 år, hvilket er noget mere end virksomhedens krav til tilbagebetalingstid på 1,5 år. Virksomheden vurderer dog, at hvis der er andre fordele ved indførelse af den energibesparende foranstaltning, vil man gerne fravige dette krav.

På baggrund af ovenstående forhold, hvor der således både er fordele med hensyn til arbejdsmiljøet, men sandsynligvis også nogle negative økonomiske konsekvenser, kan der ikke umiddelbart tages stilling til om virksomheden skal indføre Coanda-ventilation. Det vælges derfor at fortsætte med livsforløbsanalysen.

4. Livsforløbsanalyse af case

Den pågældende virksomhed står i en situation, hvor man på grund af udvidelse, skal tage stilling til, om der skal indføres Coanda-ventilation eller om det eksisterende anlæg skal udbygges. Det eksisterende ventilationsanlæg har en restlevetid på 6 år, og der påføres således virksomheden nogle omkostninger med hensyn til energi, miljø og økonomi ved at indføre den energibesparende foranstaltning, før det eksisterende ventilationsanlæg er slidt op. Dette skal der tages højde for ved beregningerne i livsforløbsanalysen.

Coanda-ventilationsanlægget har en levetid på 20 år. Da det eksisterende ventilationsanlæg har en restlevetid på 6 år skal der ved beregningen af energiforbruget i fremstillingsfasen i livsforløbsanalysen medtages et energiforbrug på 30% (6/20) af energiforbruget til fremstilling af den energibesparende foranstaltning. Der er umiddelbart et større materialeforbrug og derved energiforbrug ved fremstilling af Coanda-ventilationen end ved fremstilling af referenceanlægget. For at tage højde for det ekstra energiforbrug til fremstilling af anlægget før planlagt skal tallene i skema 2 kolonne 2, energiforbrug, multipliceres med 1,3. Miljøforholdene beregnes på basis af dette energiforbrug.

Tilsvarende forhold gør sig gældende med investeringsomkostningerne. Investeringsomkostningerne for den eksisterende teknologi er 50.000 kr. Da 6/20 af investeringen endnu ikke er afskrevet skal den tillægges investeringen i det nye ventilationsanlæg (400.000 kr), således at den samlede investering bliver 415.000 kr.

I det følgende er det kun de for caset relevante skemaer, der er gengivet og udfyldt.

4.1 Udfyldelse af skema for energi- og miljøopgørelse

4.1.1 Forskelle i virksomhedens materialeforbrug og vandforbrug

Skema 1. Forskel mellem reference og EBF i det samlede materialeforbrug gennem livsforløbet samt vandforbrug ved installation og drift. Isolering angives i m³/år. (Forskellen kan være negativ, og angives negativt). Forskel i det samlede materialeforbrug overføres til skema 2 og 12.

	Forskel i materialeforbrug ved prod. af EBF (kg/år) 1	Forskel i materialeforbrug ved installation (kg/år) 2	Forskel i materialeforbrug ved drift (kg/år) 3	Forskel i det samlede materialeforbrug (kg/år) 4
Stål A	-46,49		-0,40	-46,89
Støbejern B				
Aluminium C	-0,16		-0,16	-0,32
Kobber D	-0,16		-0,16	-0,32
Bly E				
Zink F				
PVC G	-0,07		-0,07	-0,14
Andet plast H				
Gummi I				
Float-glas J				
Emballageglas K				
Træbrædder L				
Træplader M				
Stenuld N				
Glasuld O				
Vandforbrug P				

Skema 2. Forskelle i energiforbrug og emissioner beregnet ud fra den samlede forskel i materialeforbruget (skema 1). Er tallene negative, skal de angives negativt, angiver, at der er tale om et interval. Isolering angives i m³/år.

	Forskel i mate- rialeforbrug (kg/år) 1	Energi- forbrug (MJ/år) 2	Forskel i SO ₂ (g/år) 3	Forskel i NO _x (g/år) 4	Forskel i CO ₂ (g/år) 5	Forskel i N ₂ O (g/år) 6	Forskel i CH ₄ (g/år) 7	Forskel i NMVOC (g/år) 8	Forskel i CO (g/år) 9
Stål	A -46,89	-(1261-1865)	-(735 - 1041)	-(488 - 669)	-(114056 - 167164)	-(3,6 - 5,2)	-(1,9 - 2,8)	-(6,3 - 7,2)	-(53,5 - 60)
Støbejern	B								
Aluminium	C -0,32	-(13,5 - 19,1)	-(7,4 - 10,1)	-(4,8 - 6,5)	-(1204 - 1680)	-(0,04 - 0,05)	-(0,02 - 0,03)	-(0,05 - 0,06)	-(0,33 - 0,39)
Kobber	D -0,32	-32,5	-1512	-988	-276135	-8	-6,7	-8,5	-60,2
Bly	E								
Zink	F								
PVC	G -0,14	-7,0	-137	-97,8	-28328	-0,81	-0,67	-1,05	-6,7
Andet plast	H								
Gummi	I								
Float-glas	J								
Emballageglas	K								
Træbrædder	L								
Træplader	M								
Stenuld	N								
Glasuld	O								
TOTAL	P	-(1314 - 1924)	-(2391 - 2700)	-(1578 - 1761)	-(419723 - 473307)	-(12,45 - 14,06)	-(9,3 - 10,2)	-(15,9 - 16,8)	-(120,7 - 127,3)

4.1.2 Forskelle i virksomhedens eget energiforbrug

Skema 4. Forskelle mellem referenceteknologien og EBF i virksomhedens eget energiforbrug. (Forskellen kan være negativ, og skal da angives negativt). Forskellen i det samlede energiforbrug overføres til skema 5.

	Forskelle i energiforbrug ved installation (MJ/år)* 1	Forskelle i energiforbrug ved drift (MJ/år) 2	Forskelle i energiforbrug ved skrotning (MJ/år)* 3	Forskelle i det samlede energiforbrug (MJ/år)
Fjernvarme	A	208.800		208.800
Egen- produktion	Biomasse B			
	Koks C			
	Olie D			
	Naturgas E			
Offentlig elektricitet	F	442.800		442.800
Egenproduceret elektricitet	G			

* Levetidsår for hver teknologi.

Skema 5. Forskelle i emissioner beregnet ud fra forskelle i virksomhedens energiforbrug (skema 4). Er tallene negative, skal de angives negativt.

	Forskelle i det samlede energiforbrug (MJ/år) 1	Forskelle i SO ₂ (g/år) 2	Forskelle i NO _x (g/år) 3	Forskelle i CO ₂ (g/år) 4	Forskelle i N ₂ O (g/år) 5	Forskelle i CH ₄ (g/år) 6	Forskelle i NMVOC (g/år) 7	Forskelle i CO (g/år) 8
Fjernvarme	A	142.610	82.058	19.520.712	626	418	418	2.088
Offentlig elektricitet	F	132	66.420	25.195.320	443	1.771	1.771	5.756
Egenproduceret elektricitet	G							
TOTAL	H	142.743	148.478	44.716.032	1.069	2.189	2.189	7.844

4.1.3 Endelig opgørelse af energiforbrug og emissioner, ressourceforbrug og fast affald

Skema 9 er en opgørelse af energiforbruget på virksomheden og kan derfor anvendes i virksomhedens grønne regnskaber. Skema 10 er en opgørelse af energiforbruget gennem hele livsforløbet.

Skema 9. Endelig opgørelse af forskelle i energiforbrug og energirelaterede emissioner fra installations-, drifts og bortskaffelsesfasen på virksomheden.

	Forskel i energiforbrug (MJ/år)	Forskel i SO ₂ (g/år)	Forskel i NO _x (g/år)	Forskel i CO ₂ (g/år)	Forskel i N ₂ O (g/år)	Forskel i CH ₄ (g/år)	Forskel i NMVOC (g/år)	Forskel i CO (g/år)
Skema 5	651.600	142.743	148.478	44.716.032	1.069	2.189	2.189	7844

Skema 10. Endelig opgørelse af de samlede forskelle i energiforbrug og energirelaterede emissioner pr. år gennem hele livsforløbet.

	Forskel i energiforbrug (MJ/år)	Forskel i SO ₂ (g/år)	Forskel i NO _x (g/år)	Forskel i CO ₂ (g/år)	Forskel i N ₂ O (g/år)	Forskel i CH ₄ (g/år)	Forskel i NMVOC (g/år)	Forskel i CO (g/år)
Skema 2	-(1314 - 1924)	-(2391 - 2700)	-(1578 - 1761)	-(419723 - 473307)	-(12,45 - 14,06)	-(9,3 - 10,2)	-(15,9 - 16,8)	-(120,7 - 127,3)
Skema 3								
Skema 5	651.600	142.743	148.478	44.716.032	1.069	2.189	2.189	7844
Skema 7								
Skema 8								
TOTAL	(649.676 - 650.286)	(140.043 - 140.352)	(146.717 - 146.900)	(44.242.725 - 44.296.309)	(1055 - 1057)	(2179 - 2180)	(2172 - 2173)	(7717 - 7723)

Skema 11. Endelig opgørelse af virksomhedens materialeforbrug, vandforbrug og generering af fast affald ved installations- og driftsfasen

	Forskel i råvareforbrug ved installations- og driftsfasen (kg/år)	Forskel i affaldsmængde til deponering ved installations- og driftsfasen (kg/år)
Stål	-0,40	
Støbejern		
Aluminium	-0,16	
Kobber	-0,16	
Bly		
Zink		
PVC	-0,07	
Andet plast		
Gummi		
Float-glas		
Emballageglas		
Træbrædder		
Træplader		
Stenuld		
Glasuld		
Forskel i vandforbrug		
Forskel i samlet fast affaldsmængde		

4.2 Udfyldelse af skema for arbejdsmiljøopgørelse

Skema 1. Opgørelse af kemiske påvirkninger af arbejdsmiljøet på virksomheden

Påvirkning/belastning	Specifikation	Påvirkninger af arbejdsmiljøet
Kemiske påvirkninger	<ul style="list-style-type: none"> Hvilke stoffer og/eller produkter er der tale om Evt. hvilken faremærkning Hvilken form (dampe, væsketager, hudkontakt, støv) Koncentration og eksponering ved EBF og ref.-system Evt. hvilke grænseværdier eksisterer Kan påvirkningerne forebygges, og i givet fald hvordan 	<i>Ethanol dampe (sprit), diverse organiske opløsningsmidler</i> <i>Dampe</i> <i>Kan forebygges med EBF'en</i> <i>Ingen</i>
Ergonomiske påvirkninger	<ul style="list-style-type: none"> Hvilken art (tunge løft, dårlige arb.-stillinger, ensidigt belastende arbejde) Belastende arbejde Kan påvirkningerne forebygges, og i givet fald hvordan 	<i>Ingen</i>
Støj, vibrationer	<ul style="list-style-type: none"> Støj eller vibrationer Hvilke frekvenser Lydniveau (dB) Kan påvirkningerne forebygges, og i givet fald hvordan 	<i>Ingen</i>
Termiske påvirkninger (indeklima)	<ul style="list-style-type: none"> Hvilken art (lyskvalitet, varme/kulde, træk, lugt, støv, etc.) Kan påvirkningerne forebygges, og i givet fald hvordan 	<i>Indeklimaet forbedres m.h.t. støv, og betydeligt m.h.t. varme og lugt med EBF'en</i> <i>Virksomheden kan begrænses med EBF'en</i> <i>Ingen</i>
Psyriske påvirkninger	<ul style="list-style-type: none"> Hvilken art (stres, arbejdstempo, høje forventninger, etc.) Kan påvirkningerne forebygges, og i givet fald hvordan 	<i>Ingen</i>
Arbejdsmiljøbelastning	<ul style="list-style-type: none"> Hvilken art (ændrede pladsforhold, afskærmning, belysning, etc.) Kan påvirkningerne forebygges, og i givet fald hvordan 	<i>Ændrede pladsforhold</i> <i>Nej</i>
Risiko for arbejdsuheld og -ulykker	<ul style="list-style-type: none"> Hvilke uheld/ulykker er der øget risiko for (brand, eksplosion, udslip, fald, etc.) Kan påvirkningerne forebygges, og i givet fald hvordan 	<i>Ingen</i>

4.3 Udfyldelse af skema for økonomiopgørelse

Skema 1. Forskel i investeringsomkostninger mellem referenceteknologi og EBF (er tallene negative, skal de angives negativt).

	Forskel i investerings-omkostninger (kr)	Forskel i investerings-omkostninger/levetidsår* (kr/år)
	1	2
Forskel i investeringsomkostninger	A	-365.000
*levetidsår for hver teknologi.		
		-18.250

Skema 4. Forskel i lønomkostninger (er tallene negative, skal de angives negativt). Antal timer indskrives pr. levetidsår for hver teknologi ved installationsfasen og bortskaffelsesfasen, og pr. driftsår ved driftsfasen

	Timekategori	Forskel i antal timer (h/år)	Timeløn (kr/h)	Forskel i de samlede lønomkostninger (kr/år)
	1	2	3	4
Installationsfase	Installation A			
	Oplæring B			
	Andet C			
Driftsfase	Drift D			
	Reparation E	-10		
	Andet F		500	-5.000
	Nedrivning G			
Bortskaffelse	Andet H			
TOTAL			I	-5.000

Skema 5. Forskel i materialeomkostninger ved referenceteknologi og EBF (er tallene negative, skal de angives negative). Forbruget angives pr levetidsår for installationsfasen og pr driftsår for driftsfasen.

Materiale	Forskel i materialeforbrug ved installation (kg/år) 1	Forskel i materialeforbrug ved drift (kg/år) 2	Pris (kr/kg) 3	Forskel i de samlede materialeomkostninger (kr/år) 4
Stål A		-0,40	300	-120
Støbejern B				
Aluminium C		-0,16	1.000	-160
Kobber D		-0,16	1.000	-160
Bly E				
Zink F				
PVC G		-0,07	1.000	-70
Andet plast H				
Gummi I				
Float-glas J				
Emballageglas K				
Træbrædder L				
Træplader M				
Stenuld N				
Glasuld O				
TOTAL			P	-510

Skema 6. Forskel i omkostninger ved energiforbrug i driftsfasen og bortskaffelsesfasen (er tallet negativt, skal det angives negativt). Energimængden angives pr driftsår ved driftsfasen og pr levetidsår for hver teknologi ved bortskaffelsesfasen.

	Forskel i energiforbrug ved drift (MJ/år) 1	Forskel i energiforbrug ved bortskaffelse (MJ/år) 2	Forskel i de samlede energiomkostninger (kr/år) 3
Fjernvarme A	208.800		12.190
Koks B			
Olie C			
Naturgas D			
El E	442.800		63.960
TOTAL		F	76.201

(Der er her benyttet energipriser opgivet fra virksomheden, og ikke de energipriser, der indgår i skemaet, da disse er baseret på et landsgennemsnit.)

Skema 9. Forskel i omkostninger vedrørende produktionstekniske forhold (er tallene negative, skal de angives negativt).

Påvirkning	Specifikation	Forskel i omkostninger (kr/år)
Forskelle i påvirkning af produkt	Ændrede afsætningsforhold	
	Ændret kassationsprocent	
	Kvalitetsændringer	
	Andet	
Forskel i påvirkning af produktivitet	Ændret arbejdstempo	
	Ændret sygefravær	
	Andet	
	Ændret forbrug af hjælpeoffer	
Forskelle i påvirkning af procesparametre	Ændret driftssikkerhed	
	Ændret flexibilitet	-5.000
	Ændret rengøringsbehov	
	Ændret vedligeholdelse	-5.000
	Andet	
Forskel i påvirkning af organisation og videnbehov	Ændret behov for viden	
	Ændret behov for arbejdskraft	
	Ændringer i organisation	
	Andet	
	Afværgeforanstaltninger	
TOTAL		-10.000

Skema 10. Endelig opgørelse af forskel i de samlede omkostninger mellem referencesystemet og EBF (er tallene negative, skal de angives negativt)

FORSKEL:	Omkostninger (kr/år)
Investeringsomkostninger (kr/år)	-18.250
Bygeomkostninger (kr/år)	
Produktionstab i forbindelse med installation (kr/år)	
Samlede lønomkostninger (kr/år)	-5.000
Samlede materialeomkostninger (kr/år)	-510
Samlede energiomkostninger (kr/år)	76.201
Driftsomkostninger i forbindelse med vandforbrug og spildevand (kr/år)	
Samlede bortskaffelsesomkostninger (kr/år)	
Samlede omkostninger vedrørende produktionstekniske forhold (kr/år)	-10.000
TOTAL	42.441

4.4 Udfyldelse af opsummeringsskema

Skema 1. Den totale forskel i energiforbrug og energirelaterede emissioner mellem referenceteknologien og EBF gennem hele livsforløbet

	Forskel i energiforbrug (MJ/år)	Forskel i SO ₂ (g/år)	Forskel i NO _x (g/år)	Forskel i CO ₂ (g/år)
TOTAL (Skema 10 i energi- og emissionsopgørelsen)	(649.676 - 650.286)	(140.043 - 140.352)	(146.717 - 146.900)	(44.242.725 - 44.296.309)
	Forskel i N ₂ O (g/år)	Forskel i CH ₄ (g/år)	Forskel i NMVOC (g/år)	Forskel i CO (g/år)
TOTAL (Skema 10 i energi- og emissionsopgørelsen)	(1055 - 1057)	(2179 - 2180)	(2172 - 2173)	(7717 - 7723)

Skema 2. Den totale forskel i omkostninger mellem referencesystem og EBF

	Forskel i omkostninger (kr/år)
TOTAL (Skema 10 i økonomiopgørelsen)	42.441

4.5 Resultat af helhedsorienteret vurdering af Coanda-ventilation på virksomheden

Efter en analyse af konsekvenserne ved indførelse af Coanda-ventilation ved hjælp af skemaerne er fundet følgende forhold af betydning for virksomheden:

Direkte økonomiske konsekvenser

Parallelt med nærværende undersøgelse er den nye trykkepresse blevet installeret. Det er her valgt at benytte trykkeværker med indbygget køling, og virksomheden har herefter valgt at undlade separat afsugning fra maskinen. Dermed er den tidligere forudsætning om, at det eksisterende ventilationsanlæg ville være utilstrækkeligt ved installation af ny maskine, ikke længere gældende. Det alternative anlæg er således Coanda-ventilation på alle eller enkelte af de "gamle" maskiner.

Som det fremgår af ovenstående skema vil der være en årlig fortjeneste regnet over 20 år på 36.018 kr ved at indføre Coanda-ventilation i stedet for den eksisterende ventilation. Dette er primært en fortjeneste som følge af nedsat energiforbrug.

Den direkte simple tilbagebetalingstid - opgjort som forholdet mellem investeringsomkostninger og direkte afledte energibesparelser, er 5,5 år ved Coanda på alle de "gamle" maskiner og 4,3 år ved etablering af Coanda på den "gamle" 5-farve maskine, som står for det største varmebidrag til rummet. Disse tilbagebetalingstider overskrider langt virksomhedens normale krav om maksimal tilbagebetalingstid på 2 år. Det er således en forudsætning for valg af Coanda-konceptet, at værdien af indirekte følger overstiger 200.000 kr.

Arbejdsmiljøkonsekvenser

Det har ikke været muligt at fastslå i hvilket omfang det kemiske arbejdsmiljø vil blive forbedret, men det er vurderingen, at den nuværende overtemperatur i rummet på ca. 8°C vil blive reduceret til ca. 3°C.

Dette forhold vurderes dog ikke af afgørende betydning for virksomheden, idet det er opfattelsen at arbejdsmiljøet er tilfredsstillende.

Virksomheden har opgjort sygefraværet til omkring 2% hvilket må anses for lavt, og det kan derfor ikke påregnes, at der vil komme mærkbare reduktioner i sygefraværet som følge af et nyt ventilationssystem.

Sammenfattende har arbejdsmiljøforbedringerne ikke nogen afgørende betydning for valg af ventilationsteknologi.

Konsekvenser for det ydre miljø

Disse omfatter dels et forøget forbrug og bortskaffelse af materialer til ventilationsanlægget, dels en evt. mindre reduktion i makulaturproduktionen som følge af en bedre kontrol med trykfarvens viskositet, jfr. nedenfor.

Af opgørelsen ses, at stofmængdeme er små og de dertil relaterede energimængder er helt ubetydelige i sammenhæng med de mulige energibesparelser.

Med hensyn til emissionerne nedsættes disse væsentligt ved indførelse af Coanda-ventilationsanlægget. Eksempelvis nedsættes CO₂-emissionerne med 44 ton årligt. Drift af det eksisterende ventilationsanlæg medfører en CO₂-emission på 71 ton årligt, og en reduktion på 44 ton svarer således til over en halvering af de udsendte CO₂-emissioner.

Produktmæssige konsekvenser

Når temperaturen i trykkehallen vokser til over en given værdi, kan der opstå kvalitetsmæssige problemer som følge af en faldende viskositet på farven. Dette problem optræder dog kun meget sjældent - og kun en dag i 1994. Forholdet tillægges ikke væsentlig betydning for valget af teknologi.

Afsætningsforhold

Det er af stigende betydning for virksomhedens konkurrenceevne, at den kan markere en miljøprofil overfor kunderne, idet en række af de faste kunder skærper interessen for miljøpræstationerne hos deres leverandører. I denne forbindelse kan coanda-ventilationsanlægget med den markante reduktion i energiforbruget, det medfører, være et element i fastholdelsen af eksisterende kunder. Det vurderes dog ikke, at dette tiltag i sig selv vil kunne tiltrække nye kunder.

Det har ikke været muligt for virksomheden af vurdere værdien af dette forhold.

Konsekvenser for fremtidige udviklingsmuligheder

Det forhold at Coanda-armaturer er bygget til den enkelte maskine medfører som før omtalt en begrænsning i ventilationsanlæggets fleksibilitet, da det må forventes, at omkostningerne til ny ventilation ved en fremtidig udskiftning af trykkepresser vil øges.

Virksomheden vurderer, at der er store chancer for at eksisterende presser vil blive udskiftet indenfor en overskuelig årrække, og fleksibilitetsparameteren har derfor en vis betydning for valget af teknologi. Værdien af den forringede fleksibilitet er skønsmæssigt sat til 10.000 kr.

Vedligehold

Som følge af Coandaanlæggets større kompleksitet forventes det, at vedligeholdelsesbehovet vil øges. Det er skønnet, at de øgede årlige omkostninger til vedligehold vil være 5000 kr.

Andre påvirkninger

De øvrige identificerede påvirkninger, herunder påvirkninger af det ydre miljø, påvirkninger af produktiviteten mv. er ikke fundet tilstrækkeligt betydningsfulde til at de er integreret i vurderingen.

Konklusion

Den simple tilbagebetalingstid er i dette tilfælde langt fra tilstrækkeligt som metode til at afgøre konsekvenserne for virksomheden af indførelse af den foreslåede teknologi. Især omkring konsekvenserne for virksomhedens miljøprofil er der afledede følger, som kunne få væsentlig betydning.

I det konkrete tilfælde er den direkte økonomiske påvirkning udtrykt ved den simple tilbagebetalingstid dog så ringe (ca. 5,5 år), at den alene har været udslagsgivende for en foreløbig beslutning om ikke at vælge den energibesparende teknologi.

5. Referencer

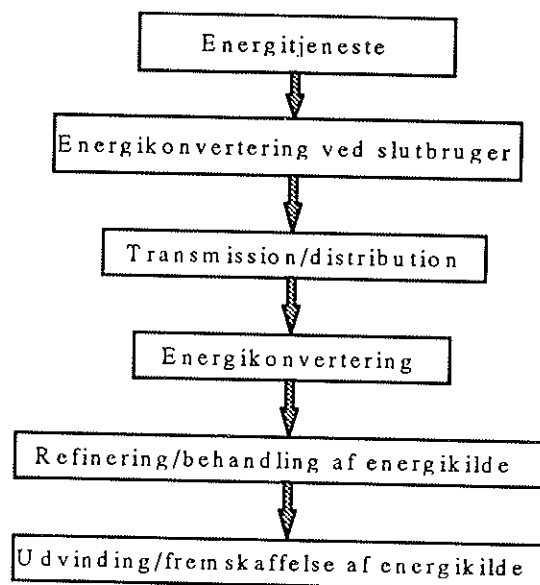
1. *Industrien som varmekunde*. Johansson, M., Weel Hansen, M., Pedersen, T., dk-TEKNIK, 1988.
2. *Statistisk Årbog 1993*. Danmarks Statistik, 1993.

Del 4

Datagrundlag

1. Energiopgørelse

Alle energiforbrug opgøres som primærenergi, dvs. at den medgåede brændselsmængde (kul, olie, naturgas) inkl. konverteringstab beregnes. Det skal derfor undersøges, hvorledes energien til energiforbrugene fremskaffes. Når primærenergiforbruget beregnes skal nedenstående "energikæde" fra primærenergikilde til slutforbruget principielt gennemregnes, se figur 1.1.



Figur 1.1 Eksempel på en energikæde

I dette projekt er det valgt, at energiforsyningsreferencen baseres på danske forhold. Dette betyder, at energiforbruget til fremskaffelsen af energikildene er medtaget, uanset hvor i verden kilden stammer fra, men konvertering og distribution antages at følge danske forhold. Ved opstilling af energiforsyningsreferencen for dette projekt er det endvidere valgt at kategorisere energiforbrug i fem kategorier; kul, olie, gas, fjernvarme og elektricitet. Dette indebærer en tilnærmelse til virkeligheden, idet de enkelte energikilder hver for sig kan have forskelligt energiindhold pr. masseenhed alt efter oprindelsesland, type m.m.. Den nævnte tilnærmelse skønnes dog ikke at have stor betydning for resultatet af livsforløbsanalysen. Endvidere er det antaget, at fjernvarme enten er kulbaseret kraftvarme eller naturgasbaseret varme fra et fjernvarmeværk.

1.1 Energikilder

1.1.1 Tilvejebringelsen af energikilder

Ved energiopgørelserne er energiindholdet i de forskellige energikilder opgjort, idet energiindholdet i selve energikilden samt de energiforbrug, der er forbundet med fremskaffelse, konvertering og distribution, er angivet. De energiforbrug, som er forbundet med tilvejebringelsen af energien til fremskaffelse, konvertering og distribution, er ikke medtaget, idet disse energiforbrug generelt er små.

Det energiforbrug, som er medgået til opbygning af de anlæg, der fremskaffer/udvinder, behandler og distribuerer energikilderne, er ikke medtaget, idet det er vurderet, at disse energiforbrug udgør en så forsvindende del af den frembragte energimængde, at de kan negligeres. Der er dog foretaget en opgørelse af energiforbruget ved fremstilling af elanlæg, der producerer og distribuerer elektricitet.

1.1.2 Kul

Idet der hovedsaglig anvendes kul ved elfremstilling i Danmark, er kul den mest anvendte energikilde i Danmark og i dansk industri. I 1990 udgjorde kulan delen 36,7% af Danmarks samlede energiforsyning (ref.1). Endvidere udgjorde den direkte kulanvendelse i industrien 18,6%, eller 39,8% hvis kulforbruget til elfremstilling medregnes (ref.1), idet kulan delen i den forbrugte elektricitet er 95,2% (ref.2).

De tre væsentligste energiforbrug ved fremskaffelsen af kul er brydning, rensning og transport.

Brydning

I "Ökoinventare für Energiesysteme" (ref.3) er det angivet, at der ved brydningen anvendes 228 MJ/ton kul, svarende til ca. 0,9% af brændværdien. Tilsvarende er det opgjort i "Livsforløbsanalyser af decentrale kraftvarmeværker" (ref.4), at energiforbruget ved brydning af kul i en åben mine er ca. 1,1% af kullet's brændværdi og 1,5% hvis kullet brydes i en underjordisk mine. En analyse vedrørende kulimport i Danmark (ref.5) viser, at 60% af de importerede kul er overfladebrudte, mens 40% er brudt i underjordiske miner.

På basis af ovenstående er det i dette projekt antaget, at energiforbruget svarer til 1,1% af kullet's brændværdi, ialt 275 MJ/ton kul. Energiforbruget til brydning af kullet er fordelt på ca. 57% olie, 4% naturgas og 39% elektricitet (ref.7). Fordelingen af energiforbruget pr. ton kul bliver da 157 MJ olie/ton, 11 MJ naturgas/ton og 268 MJ kul/ton, idet det antages at elektriciteten produceres på et kondenskraftværk med en virkningsgrad på 40%.

Endvidere er der et tab af brændværdi ved brydningen af kul som følge af methanemission fra kullet. Idet kullet brydes i minen, frigøres en methanmængde, der for overfladebrudte kul kan opgøres til 2,33 kg/ton kul og for undergrundsbrudte kul til 18,31 kg/ton kul (ref.5). Med den sammensætning af kulimporten, der er i Danmark, svarer dette til 8,72 kg/ton kul. Energitalet i form af den emitterede methan anses ikke for at være et egentligt energiforbrug, og medregnes derfor ikke som et energiforbrug ved brydning af kul, men snarere en mistet mulighed for energiudnyttelse.

Den emitterede methan medtages ikke i miljøopgørelsen, idet der i miljøopgørelsen kun medtages emissioner, der er en direkte følge af energiforbruget, jvfr. del 1, kapitel 5.3.

Rensning

I ref.4 er det angivet, at der anvendes 1,57 ton råkul pr. ton rensset kul. Det betyder, at der er et tab af råkul og dermed brændværdi. Ref.6 angiver, at der skal anvendes mellem 1,25 ton og 1,75 ton råkul pr. ton rensset kul. Energitalet i form af den frasorterede kulmængde ved rensning anses ikke for at være et egentligt energiforbrug, og medregnes derfor ikke som et energiforbrug ved rensning af kul.

Ved rensningen af kullet anvendes en betydelig vandmængde, der kan udgøre en miljøbelastning. Denne vandmængde medtages ikke i miljøopgørelsen, jvfr. del 1, kapitel 5.3.

Transport

Ref.4 angiver et gennemsnitligt olieforbrug ved skibstransport af importerede kul til Nordeuropa på 14,3 kg/ton kul eller 559 MJ/ton kul, svarende til ca. 2,3% af brændværdien. Tilsvarende angiver ref.5 et energiforbrug ved transport af kul på ca. 3,5% af kullets brændværdi. På basis af ovenstående antages energiforbruget i dette projekt at være 559 MJ/ton. Det antages, at der udelukkende anvendes energi i form af olie ved transport af kullet, uanset om der f.eks. også anvendes eldrevne tog.

Der vil være et betydelig tab af brændværdi ved transport og lagring af kul pga. methanemission. Dette tab kan opgøres til 0,25-0,50% (ref.5, ref.7). Ifølge ref.5 kan der yderligere påregnes et tab på ca. 0,5% pr. år i de tre første år hvor kullet lagres. Der findes værdier for tabet af brændværdi på helt op til 10% ved kullagring. Ligesom tab af brændværdi i form af methanemission ved brydning, anses dette ikke for et egentligt energiforbrug ved fremskaffelsen af kul og medregnes derfor ikke i dette projekt. Den emitterede methan medregnes heller ikke i opgørelsen af miljøpåvirkningerne, jvfr. del 1, kapitel 5.3.

1.1.3 Olie

Anvendelse af olie i Danmarks industri er gennem en årrække reduceret betydeligt, mens anvendelsen af naturgas er steget. Denne udvikling vil sandsynligvis fortsætte i de kommende år. I 1990 udgjorde olieandelen 29,2% af Danmarks samlede energiforsyning (ref.1), hvilket svarer til 26,3% af industriens energiforbrug (ref.1).

De tre væsentligste energiforbrug ved olieproduktion er udvinding, raffinering og transport.

Udvinding

Ref.4 angiver, at der ved olieudvindingen anvendes naturgas svarende til 1.240 MJ/ton råolie. Dette svarer til ca. 3,1% af brændværdien. Ref.3 angiver tilsvarende, at der anvendes 1.226 MJ/ton olie ved produktion af olien, hvilket ligeledes svarer til ca. 3,1% af brændværdien. På basis af ovenstående antages energiforbruget i dette projekt ved udvinding af olie at være 1.240 MJ/ton olie. Der anvendes udelukkende naturgas ved olieudvinding.

Raffinering

Ref.3 angiver, at et gennemsnitligt europæisk raffinaderi anvender 5,7% af energimængden i den tilførte råolie til raffineringen svarende til 2.280 MJ/ton olie. Ref.4 angiver en energimængde svarende til 1.928 MJ/ton olie, hvilket er ca. 4,8% af oliens energiindhold. I dette projekt antages, at energiforbruget til raffineringen at være ca. 4,8% af brændværdien af den tilførte olie, svarende til 1.928 MJ/ton olie. Udfra tidligere udførte opgørelser (ref.3) antages, at der anvendes 75% raffinaderigas og 20% fuelolie og 5% elektricitet ved raffineringen af olie.

Ved raffineringen af olien anvendes en betydelig vandmængde, der kan udgøre en miljøbelastning. Denne medtages imidlertid ikke i miljøopgørelsen, jvfr. del 1, kapitel 5.3.

Transport

På de danske raffinaderier anvendes olie fra mange udvindingssteder i verden. Primært kommer olien dog fra den danske eller norske del af Nordsøen. Det er skønnet, at 70% af råolien kommer fra Nordsøen, og at resten kommer fra Mellemøsten, SNG-landene og Nordafrika. Energiforbruget til transport af råolien fra udvindingsstederne til raffinaderierne i Danmark kan beregnes til 105 MJ/ton olie, svarende til 0,3% af oliens energiindhold. Det er antaget, at der udelukkende anvendes svær fuelolie til transporten, da transport af oversøisk olie primært foregår med skib.

I forbindelse med distributionen af olieprodukterne kan det beregnes, at energiforbruget til transport er ca. 68 MJ/ton olie (ref.4), hvilket svarer til ca. 0,2% af oliens energiindhold. Det antages, at der udelukkende anvendes dieselolie ved transporten af olie. Det samlede energiforbrug til transport bliver da 173 MJ/ton olie.

1.1.4 Naturgas

Som tidligere nævnt er den danske industri i betydeligt omfang begyndt at anvende naturgas i stedet for olie. Naturgassen udvindes i Nordsøen som et "bi-produkt" af den olieudvinding, der foregår. I 1990 udgjorde gasandelen 10,0% af Danmarks samlede energiforsyning (ref.1), men hele 32,8% af industriens energiforbrug (ref.1).

Udvinding, bearbejdning og distribution

Naturgassen renses og komprimeres direkte efter udvindingen på boreplatformene, således at der principielt ikke er behov for yderligere behandling af naturgassen, før den når forbrugerne. Der anvendes naturgas til at drive gaskompressorer og andet procesudstyr.

I ref.4 er det angivet, at der ved bearbejdningen af naturgassen anvendes naturgas svarende til 1.794 MJ/kNm³ naturgas. Dette svarer til 4,6% af brændværdien. Ref.3 oplyser, at der på de norske udvindingsfelter, der kan antages at ligne de danske, anvendes 3% af naturgassen til behandling og komprimering af naturgassen. Det antages i dette projekt, at energiforbruget svarer til 4,6% af brændværdien eller 1.794 MJ/kNm³.

I forbindelse med udvindingen er der et udslip af naturgas til atmosfæren. Dette udslip anslås til at være mellem 0,1% (ref.5) og 0,2% (ref.4) af den producerede gasmængde. Endvidere er der et udslip til atmosfæren gennem lækager i fordelingssystemet på skønsmæssigt 0,5-1% (ref.3). Udslippene af naturgas anses ikke for et egentligt energiforbrug, men for en mistet mulighed for energiudnyttelse.

Den emitterede naturgas, der for størstedelen består af methan, medregnes heller ikke i opgørelsen af miljøpåvirkningerne, idet der i miljøopgørelsen kun medtages emissioner, der er en direkte følge af energiforbruget, jvfr. del 1, kapitel 5.3.

1.1.5 Elektricitet

Den elektricitet, som anvendes i industrien, er overvejende produceret på offentlige kraftværker. Det er opgjort at ca. 94% af elektriciteten er produceret på de offentlige værker, og resten er produceret af industrielle egenproducenter, decentrale kraftvarmeværker, vindmøller m.m (ref.1, ref.2).

I elværkernes statistik (ref.2) er det opgjort, at 95,2% af elektriciteten på de offentlige kraftværker produceres med kul, 3,2% produceres med olie og 1,2% produceres med naturgas. Den resterende elproduktion foretages med vedvarende energikilder. De nævnte tal er fra 1992, og det kan forventes, at naturgasandelen vil stige i de kommende år i forhold til kulanvendelse. Der findes ingen tilsvarende statistik for industrielle egenproducenter, men gasandelen er betydeligt større. Det skønnes (DEA, 1995) at brændselsforbruget til egenproduktion af elektricitet i industrien er fordelt med 50% kul, 10% olie og 40% naturgas bedømt ud fra eksisterende forhold.

I dette projekt tages udgangspunkt i forholdene for et kondenskraftværk, idet reduktionen i elproduktion vil ske på et kondensværk, hvis der spares elektricitet. Det antages, at et kondenskraftværk har en elvirkningsgrad på 40%. Det kan oplyses, at de danske elværkernes termiske virkningsgrad (el- og varmeproduktion ifht. brændselsforbrug) i gennemsnit er 55,8% (ref.2) og den tilsvarende elvirkningsgrad (elproduktion ifht. brændselsforbrug) er 39,2% (ref.2).

Etablering af elproducerende anlæg og distributionssystemer

Energiforbruget til opbygning af anlæg består dels af forbrug til selve det elproducerende anlæg med bygninger m.m., dels af energiforbrug til fremstilling af distributionssystemer.

De energiforbrug, der er medgået til opbygning af de anlæg, som konverterer og distribuerer elektriciteten, er beregnet, da de ikke på forhånd kan negligeres. I en tidligere undersøgelse (ref.7) er det påvist, at der ikke er nævneværdige energipåvirkninger i forbindelse med drift og vedligeholdelse samt skrotning af anlæggene udover energiforbruget til elfremstillingen. En anden undersøgelse (ref.4) har beregnet energiforbruget ved afvikling af elværket til 0,2% af det samlede energiforbrug i driftsfasen.

Ved at anvende Danmarks Statistik's input-output'tabeller (ref.8) er det muligt at beregne det energiforbrug, som er medgået til fremstilling af det samlede anlæg. Det skønnes, at investeringen for et gennemsnitligt kraftvarmeværk vil være 12 mio. kr/MW_{inst. effekt} (ref.2). Heraf anvendes 80% til det maskinelle udstyr og 20% anvendes til bygninger (ref.7). Ud fra input-output'tabellerne kan energiforbruget til det elproducerende anlæg opgøres til ca. 11.900 GJ/MW_{inst. effekt}.

På basis af ref.2 skønnes, at investeringen i distributionsanlæg udgør 6 mio. kr/MW_{inst. effekt}. Fra input-output'tabellerne fås, at energiforbruget til etablering af distributionsanlægget er ca. 6.400 GJ/MW_{inst. effekt}.

Hvis der antages en levetid af det elproducerende anlæg samt distributionsanlægget på 25 år, hvor det elproducerende anlæg er i fuldlast 6.000 timer pr. år, vil energiforbruget til etablering af det samlede anlæg udgøre ca. 1,5% af det samlede energiforbrug i anlæggets levetid.

Med udgangspunkt i input-output'tabellerne antages, at energiforbruget ved etablering af det elproducerende anlæg samt distributionsanlægget fordeles med 50% kul, 40% olie og 10% naturgas.

Elfremstilling

I dette projekt tages som tidligere nævnt udgangspunkt i forholdene for et kondenskraftværk med en elvirkningsgrad på 40%. Det betyder, at der anvendes 9.000 MJ pr. produceret MWh elektricitet. Denne energimængde er fordelt på 8.324 MJ kul, 325 MJ olie og 351 MJ naturgas. Endvidere kan det beregnes ud fra de opgjorte energiforbrug ved fremskaffelsen af kul, olie og

naturgas, at der ialt vil være et energiforbrug på hhv. 95 MJ kul, 271 MJ olie og 32 MJ naturgas ved fremskaffelsen af brændslerne til elproduktionen.

Distributionstab

Tabet ved distribution af elektricitet er ca. 6% af den producerede mængde (ref.2). Det betyder, at der er et energitab svarende til 499 MJ kul, 20 MJ olie og 21 MJ naturgas.

1.1.6 Fjernvarme

Den fjernvarme, som anvendes i industrien, er overvejende produceret på offentlige kraftvarmeværker eller på offentlige fjernvarmecentraler. Mange virksomheder har dog eget kedelanlæg for centralvarme- og/eller procesvarmeproduktion.

Fjernvarmen, der er produceret på kraftvarmeværker, stammer primært fra de offentlige elværker, hvor varmen overvejende er frembragt med kul, se afsnit 1.1.5. Der findes ligeledes kraftvarmeværker, som er baseret på naturgas, biobrændsler, affald o.l., men disse typer værker er ikke medtaget i projektet. I dette projekt tilskrives energiomkostningen ved varmeproduktionen kun den forøgede indfyrede energimængde i et kraftvarmeværk i forhold til et elværk med kondensdrift, dvs. det merforbrug af brændsel, der er på et kraftvarmeværk ifht. et kondenskraftværk ved den samme elproduktion. Det er antaget, at den termiske virkningsgrad på et kraftvarmeværk er 89%, hvoraf elvirkningsgraden er 33%.

Det kan beregnes, at den energimængde, der medgår til selve fjernvarmeproduktionen, vil være 372 MJ kul, 13 MJ olie og 5 MJ naturgas, når den gældende brændselsfordeling på de offentlige elværker er lagt til grund for beregningen. Tilsvarende kan energiforbruget til fremskaffelse af brændslet til fjernvarmeproduktion beregnes til 5 MJ kul, 14 MJ olie og 1 MJ naturgas. Distributionstab fra fjernvarmenettet er antaget at være på 20%, hvilket giver anledning til et yderligere energiforbrug på 74 MJ kul, 3 MJ olie og 1 MJ naturgas.

Den fjernvarme, der produceres på de offentlige fjernvarmecentraler, er primært frembragt med naturgas. I dette projekt betragtes udelukkende naturgasfyrede fjernvarmecentraler. Kedelvirkningsgraden på fjernvarmecentralerne er antaget at være 90%. Udfra virkningsgraden kan det beregnes, at den energimængde, som medgår til selve fjernvarmeproduktionen, vil være 1.111 MJ naturgas. Tilsvarende kan energiforbruget til fremskaffelse af brændslet beregnes til 61 MJ naturgas. Distributionstab fra fjernvarmenettet er antaget at være på 20%, hvilket giver anledning til et yderligere energiforbrug på 222 MJ naturgas.

Det er således stor forskel på, om den fjernvarme, der benyttes, stammer fra et kraftvarmeværk eller fra et fjernvarmeværk. For de virksomheder, som enten har egen kraftvarme- eller varmecentral, kan der antages tilsvarende virkningsgrader og dermed energiforbrug, idet distributionstab dog skal udelades.

Ved energiopgørelsen i tabel 1.1 er forbruget af primære energikilder til fjernvarmeproduktion opgjort, idet energimængden af kul, olie og gas beregnet. Den energi, der er medgået til fremskaffelse af de førnævnte energimængder, er ikke medregnet.

1.1.7 Primærenergiindholdet i energikilder

På baggrund af resultaterne i afsnit 1.1.1-6 kan der opstilles en tabel, der viser de forskellige energikilders energiindhold. Tabellen angiver energikilderne kul, olie, gas og elektricitet omregnet

til primærenergi. Da energikilderne med få undtagelser ikke kan omsættes tabsfrit til en energitjeneste, skal tallene desuden korrigeres for tab ved energikonverteringen ved slutanvendelsen.

Tabel 1.1.1 Energikildernes energiindhold samt energikildernes energiindhold omregnet til primærenergi

	Kul [MJ/ton]	Olie ² [MJ/ton]	Gas ³ [MJ/10 ³ Nm ³]	Fjernvarme [MJ/GJ]		Elektricitet [MJ/MWh]
				Kraftvarme	Fjernvarme	
<i>Energiindhold¹</i>	25.000	39.700	39.000	1.000	1.000	3.600
<i>Energiforbrug ved fremskaffelse</i>						
Kul	268			5		95
Olie	157			14		271
Gas	11	1.240	1.794	1	61	32
<i>Energiforbrug ved konvertering</i>						
Kul				372		8.324
Olie		1.928		13		325
Gas				5	1.111	351
<i>Energiforbrug ved transport m.m</i>						
Kul				74		499
Olie	559	173		3		20
Gas				1	222	21
<i>Energiforbrug, ialt</i>	995	3.341	1.794	488	1.394	9.938
<i>Primærenergiindhold, ialt</i>	25.995	43.041	40.794	488	1.394	9.938

1) Nedre brændværdi

2) Fuelolie

3) Naturgas

1.2 Materialer

I dette kapitel foretages en opgørelse af energiindholdet i en række udvalgte materialer. Materialeerne er udvalgt således, at de mest almindelige konstruktionsmaterialer for maskiner og tekniske installationer er medtaget. Endvidere er der foretaget en opgørelse af energiforbruget til opførelse af bygninger. Opgørelserne er generelt foretaget som energiforbrug pr. vægtenhed og angivet som MJ/kg af materialet. For mineraluld og bygninger er energiforbruget dog opgjort som hhv. MJ/m³ og MJ/m². Energiforbruget er opgjort som primærenergiforbrug (se afsnit 1.1). Den energi, der er medgået til fremskaffelse af de energimængder, som er anvendt til fremstilling af de enkelte materialer, er ikke medregnet i energiopgørelsen.

I dette projekt er det fundet hensigtsmæssigt at medtage følgende materialer:

- Stål
- Støbejern
- Aluminium
- Kobber
- Bly og zink
- Plast og gummi
- Glas
- Træ
- Mineraluld

Disse materialer antages at udgøre langt størstedelen af materiale- og energiindholdet i energibesparende produkter.

1.2.1 Forudsætninger

For alle materialekategorier gælder, at opgørelserne er foretaget for det totale livsforløb af materialerne. Det betyder, at energiindholdet i materialerne er en summering af energiforbrug til fremskaffelse, oparbejdning, bearbejdning, transport, bortskaffelse m.v. for de enkelte materialer. Som følge heraf har det været nødvendigt at gøre en række antagelser vedrørende materialernes oprindelseslande, fremstillingsmetoder, bortskaffelsesmetoder inklusiv eventuel genanvendelse og lignende.

Energikilder

Der er ved beregningen af energikilders energiindhold gjort forskellige antagelser, jvfr.kapitel 1.1. Disse er fastholdt ved beregningen af materialernes energiindhold som følge af el-, kul-, olie- eller gasforbrug. Forbruget og sammensætningen af den anvendte energi ved fremstillingen af materialer er søgt opgjort ud fra tilgængelige data fra tidligere tilsvarende undersøgelser.

Det er antaget, at den anvendte elektricitet stammer fra et kondenskraftværk med en virkningsgrad på 40%.

Produktionsprocesser

De produktionsprocesser, som anvendes til fremskaffelse, oparbejdning, forarbejdning m.m., antages at være tilsvarende de processer, der anvendes i Danmark eller andre vesteuropæiske lande.

De enkelte materialer bearbejdes i større eller mindre udstrækning alt efter hvilket produkt, der fremstilles. Typisk vil det være sådan, at energiforbruget ved forarbejdning er lavt for lavteknologiske produkter, og højt for højteknologiske produkter. For de enkelte materialer er der derfor angivet et interval for det nævnte energiforbrug mellem lav- og højteknologiske produkter.

Materialernes indre energiindhold

For materialerne aluminium, plast, gummi, træ, samt for bygningsmaterialer er der et energiindhold, der eventuelt kan realiseres ved f.eks. forbrænding i forbindelse med bortskaffelse i et affaldforbrændingsanlæg. I den forbindelse er der foretaget antagelser vedrørende bortskaffelsesmetoderne for materialerne. Disse antagelser betyder, at det indre energiindhold ikke medregnes som et bidrag til energiforbruget ved fremstillingen, men udelukkende som et energitilskud, hvis det indre energiindhold nyttiggøres. Materialernes energiindhold er angivet for de relevante materialer.

Produktionsanlæg

Energiforbrug medgået til opbygning af de anlæg og maskiner, som fremskaffer/udvinder, behandler og distribuerer råstoffer, materialer og komponenter, er ikke medtaget, idet det antages, at disse udgør en forsvindende del af den samlede anvendte energimængde.

Transport

I opgørelsen af energiforbrug til transport er der skelnet mellem fjerntransport og nærtransport. Ved fjerntransport forstås transport af rå- og hjælpestoffer, og ved nærtransport forstås transport til de forarbejdende virksomheder samt distribution af de færdige produkter.

I forbindelse med transport af rå- og hjælpestoffer er det antaget, at den internationale transport foretages med skib og tog, mens den nationale transport foregår med dieseldrevne tog og i et mindre omfang med lastbil. Det er antaget, at der kun transporteres gods med skibene den ene vej, og at skibene sejler tomme tilbage.

Energiforbruget til transport er opgjort i mængde multipliceret med kilometer (ton*km). Transportmidlerne er i projektet begrænset til skib, tog og lastbil. Tabel 1.2.1 angiver de anvendte værdier ved beregningen af energiforbruget ved transport.

Tabel 1.2.1 Energiforbrug ved transport (ref.3, ref.18)

Transportmiddel	Energiforbrug [MJ/tkm]
Skib (fuelolie)	0,2
Tog (diesel)	0,5
Lastbil (diesel)	1,7

1.2.2 Stål

Stål indgår i en betydelig del af de komponenter, som anvendes ved energibesparelser og ofte med en stor procentandel.

Fremstilling

Ved fremstilling af stål skelnes mellem to procestrin. I første trin fremstilles råjern, og i andet procestrin fremstilles det egentlige stål.

Da stål fremstilles mange steder i verden samt i mange kvaliteter, er det nødvendigt at opstille yderligere forudsætninger. Det antages således, at der udelukkende anvendes almindeligt konstruktionsstål (St.37), som er fremstillet af 15% råjern og 85% recirkuleret stål svarende til danske forhold (ref.15). Råjernet er antaget at være fremstillet på et europæisk jernværk med koksfyrede højovne, og stålet er fremstillet på et europæisk stålværk med elektroovne som Stålvalseværket.

I energiopgørelsen for råjern er energiforbruget til brydning af jernmalmen, fremstilling af diverse hjælpestoffer m.m. medregnet.

Transport

Det antages, at jernmalmen til fremstilling af råjern udvindes i Sverige, Brasilien, Australien samt Sydafrika. Jernmalmen får herved en vægtet transportarbejde med skib på 16.200 km samt et transportarbejde med tog på 1.500 km (ref.3). Endvidere er det antaget, at det recirkulerede stål transporteres 200 km med tog og 50 km med lastbil, mens det færdige stål og stålprodukterne transporteres 500 km med tog og 100 km med lastbil.

Forarbejdning

Stålet bliver herefter anvendt til at konstruere den/de ønskede komponenter, der skal indgå den energibesparende teknologi. Energiforbruget for forarbejdning af stål er, baseret på ref.3, opgivet for henholdsvis lav- og højteknologiske produkter. Ved lavteknologiske produkter forstås f.eks. beholdere, pladekonstruktioner m.m, og ved højteknologiske produkter forstås f.eks. maskiner og maskinkomponenter.

Bortskaffelse

Stålkomponenterne bortskaffes efter endt brug ved deponering eller recirkulering. Ca. 85% recirkuleres til stålværket. Det er antaget, at den energimængde, der medgår til bortskaffelse af stål, er sammenlignelig med den energimængde, der medgår til nærtransport af stålprodukter, dvs. 0.4 MJ/kg, idet der udelukkende anvendes energi til demontage og transport til deponering eller genanvendelse.

Samlet energiforbrug

Det samlede energiforbrug til fremstilling, transport, forarbejdning og bortskaffelse af stål er opgjort i tabel 1.2.2.

Tabel 1.2.2 Energiforbrug ved fremstilling, transport, forarbejdning og bortskaffelse af stål (ref.3)

	Energiforbrug (MJ/kg)
<i>Råjernfremstilling</i>	
koks	10,5
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	7,2
olie	1,3
gas	0,4
<i>Stålfremstilling</i>	
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	6,5
<i>I alt*</i>	
koks	1,6
kul(elforbrug omregnet til kulforbrug)	7,5
olie	0,2
gas	0,1
<i>Transport</i>	
Fjerntransport (olie)	0,8
Nærtransport (olie)	0,4
<i>Forarbejdning</i>	
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	6,6** - 13,2***
olie	3,4** - 6,8***
<i>Bortskaffelse</i>	
olie	0,4

*) Råjærnsandelen i stålet er 15% og resten er recirkuleret stål.

) Lavteknologiske produkter *) Højteknologiske produkter

1.2.3 Støbejern

Støbejern er en fællesbetegnelse for kulstofholdige jernlegeringer med mere end 2% kulstof. Støbejern formes såvidt muligt til det færdige produkt ved støbningen. Der er normalt kun behov for begrænset efterbehandling i form af afgratning samt eventuel fræsning og boring af riller eller huller, som ikke kan opnås ved støbningen.

I dette projekt er der ikke skelnet mellem de mange forskellige kvaliteter og typer af støbejern, men der er anlagt en gennemsnitsbetragtning. På europæisk plan er jernstøberierne ofte placeret i tilknytning til stålværkerne, så transportforholdene svarer til forholdene ved stålværker. Det er som for stål antaget, at støbejern fremstilles af 15% ny råjern fra et stålværk samt 85% recirkuleret jern samt restprodukter fra bearbejdningen m.v., der er internt i støberiet. Endvidere er det antaget, at støberierne anvender kulfyrede Kupol-ovne.

Fremstilling

Ved beregningen af energiforbruget ved fremstilling af støbejern indgår dels energiforbruget til fremstilling af råjern, dels energiforbruget til selve støbeprocessen. I energiopgørelsen for råjern er energiforbruget til brydning af jernmalm, fremstilling af diverse hjælpestoffer m.m. medregnet.

Transport

Der er her gjort samme antagelser vedrørende transportforholdene for råjernet som for stål. Endvidere antages støberierne typisk at være beliggende forholdsvis tæt på stålværkerne.

Forarbejdning

Der er som nævnt normalt kun et begrænset behov for efterbehandling af støbejernet. Det antages derfor, at energiforbruget ved efterbehandling samt videreforarbejdning af støbejernet svarer til energiforbruget ved fremstilling af ukomplicerede stålkomponenter.

Bortskaffelse

Der gælder de samme antagelser for bortskaffelse af støbejern som for bortskaffelse af stål.

Samlet energiforbrug

Det samlede energiforbrug til fremstilling, transport, forarbejdning og bortskaffelse af støbejern er opgjort i tabel 1.2.3.

Tabel 1.2.3 Energiforbrug ved fremstilling, transport, forarbejdning og bortskaffelse af støbejern (ref.3)

	Energiforbrug (MJ/kg)
<i>Råjernfremstilling</i>	
koks	10,5
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	7,2
olie	1,3
gas	0,4
<i>Støbning af støbegods</i>	
koks	5,8
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	3,3
olie	13,4
gas	-
<i>I alt*</i>	
koks	7,4
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	4,0
olie	13,6
gas	0,1
<i>Transport</i>	
Fjerntransport (olie)	0,8
Nærtransport (olie)	0,4
<i>Forarbejdning</i>	
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	6,6
olie	3,4
<i>Bortskaffelse</i>	
olie	0,4

**) Råjernsandelen i stålet er 15% og resten er recirkuleret jern.*

1.2.4 Aluminium

Aluminium er med en masseandel af metaller i jordskorpen på 8,1% det mest almindelige metal. Der findes råaluminium til mange års forbrug. I dag udvindes aluminium næsten udelukkende fra bauxit, der med den nuværende forbrugsudvikling forventes at række til 20-25 års forbrug (ref.15). Imidlertid findes betydelige forekomster af aluminiumsholdigt ler, der kan sikre tilførslen af aluminium mange år ud i fremtiden. Udvindingen af aluminium fra forekomster i lerarter kræver dog lidt mere energi end fra bauxit.

Produktion af råaluminium er en meget energitung proces både sammenholdt med fremstilling af andre metaller, og især sammenholdt med fremstilling af aluminiumsprodukter ud fra recirkuleret aluminium. Der kræves kun ca. 5% af energiforbruget ved fremstilling af råaluminium til fremstilling af aluminium af recirkuleret metal. På grund af det høje elforbrug ved fremstilling af råaluminium, er aluminiumsmelteværker ofte anbragt i lande med lave elpriser. Smelteværkerne kan f.eks. som i Norge være opført sammen med vandkraftværker i afsides liggende egne, hvor der er et vandkraftpotentiale, der ellers ikke ville blive udnyttet.

Aluminium anvendes i mange sammenhænge i industrien på grund af den lave vægtfylde, gode elektriske ledningsevne og korrosionsbestandighed.

Fremstilling

Ved fremstilling af aluminium skelnes mellem to procestrin. I første trin ekstraheres aluminiumoxid fra bauxit'en ved en proces, kaldet Bayer-processen. En blanding af finmalet bauxit og kausisk soda opvarmes først under tryk til ca. 200°C, hvorved der udskilles aluminiumhydroxid. Aluminiumhydroxid opvarmes herefter i en ovn til ca. 1200°C og oxideres derved til aluminiumoxid. I andet procestrin fremstilles det egentlige aluminium ved smelteelektrolyse (Hall-Héroult-processen) i et smeltebad, som primært består af kryolit ved 960°C. Aluminiumoxid tilføres smeltebadet kontinuert og råaluminium fjernes fra bunden. Den flydende aluminium tilføres eventuelt recirkuleret metal, hvorefter aluminium støbes til aluminiumsstænger.

Det er antaget, at den aluminium, der anvendes, er fremstillet af 5% råaluminium, fremstillet ved anvendelse af ovennævnte processer, og 95% recirkuleret aluminium svarende til danske forhold (ref.18). Elektricitetsforsyningen stammer fra et kulfyret kraftværk.

Energiforbruget til brydning af bauxit, fremstilling af diverse hjælpestoffer m.m. er medregnet i energiopgørelsen.

Transport

Det antages, at bauxit til fremstilling af råaluminium udvindes i Australien.

Forarbejdning

Det antages, at energiforbruget ved forarbejdning af aluminium svarer til forarbejdning af støbejern, når der er tale om støbte emner. Er der tale om valsede emner (plader) er energiforbruget sammenligneligt med energiforbruget ved fremstilling af aluminiumsdåser og folier (ref.9).

Bortskaffelse

Det er antaget, at ca. 95% af alt aluminium recirkuleres i Danmark. Energimængden til bortskaffelse af aluminium, antages at være sammenlignelig med den energimængde, der medgår til nærtransport, dvs. 0,2 MJ/kg, idet der udelukkende anvendes energi til montage og transport til deponering eller genanvendelse.

Aluminium har en indre energi på 30,4 MJ/kg, der kan udnyttes ved forbrænding i forbindelse med bortskaffelsen. Det er dog her antaget, at det aluminium, som ikke recirkuleres, bliver deponeret.

Samlet energiforbrug

Det samlede energiforbrug til fremstilling, transport, forarbejdning og bortskaffelse af aluminium er opgjort i tabel 1.2.4.

Tabel 1.2.4 Energiforbrug ved fremstilling, transport, forarbejdning og bortskaffelse af aluminium (ref.3, ref.9)

	Energiforbrug (MJ/kg)
<i>Fremstilling af råaluminium (0% rec)</i>	
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	141,2
olie	22,9
gas	2,8
<i>Fremstilling af aluminium (100% rec)</i>	
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	9,9
olie	6,2
gas	1,3
<i>I alt*</i>	
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	16,5
olie	7,0
gas	1,4
<i>Transport</i>	
Fjerntransport (olie)	0,8
Nærtransport (olie)	0,2
<i>Forarbejdning</i>	
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	6,6** - 15,0***
olie	0*** - 3,4**
gas	0,0** - 1,5***
<i>Bortskaffelse</i>	
olie	0,2

*) Råaluminiumsandelen er 5% og resten er recirkuleret aluminium.

**) Støbte emner (ENET, 1994)

***) Plader (Chalmers, 1991)

1.2.5 Kobber

Kobber findes naturligt i ret koncentreret form bl.a. som kobbersulfid. Ny kobber produceres i dag ud fra kobbersulfidholdig jord, kobberoxid- eller kobbersilikatholdig jord samt bitumenøs jord. Endvidere anvendes i betydeligt omfang recirkuleret kobber. 90% af fremstilling af ny kobber foregår ud fra kobbersulfidholdig jord. Der er kun sikre kobberforekomster på ca. 321 mio. ton og skønnede kobberreserver på 549 mio. ton (ref.18), hvorfor der med et årsforbrug på ca. 11 mio. ton er en begrænset kobbermængde til rådighed. Kobber bliver derfor i vidt omfang recirkuleret, til trods for at der kan forekomme store miljøbelastninger ved oparbejdningen af recirkuleret kobber. Det skønnes, at ca. 40% af den anvendte kobbermængde recirkuleres svarende til tyske forhold (ref.3).

Fremstilling

Ved fremstilling af ny kobber ud fra kobbersulfidholdig jord anvendes en række forskellige processer. Kobbersulfitten opkoncentreres ved at separere jord og kobbersulfid ved bundfældning i en vandig opløsning. Det opkoncentrerede kobbersulfid gennemløber herefter forskellige pyrometallurgiske processer før slutproduktet (elektrolyt-kobber) opnås.

Det er antaget, at den termiske energi (varme og damp), der er anvendt ved fremstillingen af ny kobber, er fremstillet af 50% fuelolie og 50% naturgas, samt at elektricitetsforsyningen stammer fra et kulfyret kraftværk.

Kobber kan i princippet genanvendes i det uendelige, men oparbejdningen er kostbar og derfor ikke altid økonomisk rentabel. Desuden kan oparbejdningen medføre betydelige miljøbelastninger fra især støv, der kan indeholde tungmetaller. Den mest udbredte oparbejdningsteknik er smeltning i skaktovn. Det er antaget, at den termiske energi (varme og damp), der er anvendt ved oparbejdningen af recirkuleret kobber, er fremstillet af 50% stenkulskoks og 50% fuelolie, og el fra et kulfyret kraftværk.

Transport

Det er antaget, at kobbersulfitten udvindes i USA, og at energiforbruget til transport derfor er sammenligneligt med forbruget til transport af stål.

Forarbejdning

Langt de fleste kobberemner er ekstruderede enten som tråd eller rør. Det skønnes ud fra energiforbruget til bearbejdning af andre metaller, at energiforbruget vil være ca. 10 MJ/kg som fordelt i tabel 1.6.

Bortskaffelse

Som nævnt er det antaget, at ca. 40% af alt aluminiumaffald recirkuleres til genanvendelse, resten deponeres. Det antages, at den energimængde, der medgår til bortskaffelse af kobber er sammenlignelig med den energimængde, som medgår til bortskaffelse af stålprodukter, dvs. 0.4 MJ/kg.

Samlet energiforbrug

Det samlede energiforbrug til fremstilling, transport, forarbejdning og bortskaffelse af kobber er opgjort i tabel 1.2.5.

Tabel 1.2.5 Energiforbrug ved fremstilling, transport, forarbejdning og bortskaffelse af kobber (ref.3)

	Energiforbrug (MJ/kg)
<i>Fremstilling af ny kobber</i>	
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	50,0
olie	27,5
gas	27,5
<i>Oparbejdning af rec. kobber</i>	
koks	7,5
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	21,3
olie	7,5
<i>I alt*</i>	
koks	3,0
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	38,5
olie	19,5
gas	16,5
<i>Transport</i>	
Fjerntransport (olie)	0,3
Nærtransport (olie)	0,4
<i>Forarbejdning</i>	
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	6,6
olie	3,4
<i>Bortskaffelse</i>	
olie	0,4

*) Andelen af ny kobber i kobberet er 60% og resten er recirkuleret kobber.

1.2.6 Bly og zink

Bly og zink forekommer ofte sammen med andre metaller som kobber, sølv og guld. De største miner findes i USA og i Australien.

Fremstilling

Fremstillingsprocesserne for bly og zink minder en del om de processer, der anvendes ved fremstilling af kobber, se afsnit 1.2.5.1.

Bly og zink kan principielt genanvendes i det uendelige. Zink anvendes dog ofte sammen med andre metaller som legeringsmetal og til belægning mod korrosion, hvilket besværliggør genanvendelsen af zink. Det er antaget, at det bly og zink, som forbruges i Danmark, er fremstillet af 100% nye metaller, idet kun en meget lille del af det bly og zink, der anvendes, stammer fra recirkuleret metal. Metallerne antages, at være fremstillet på europæiske metalværker.

Transport

Det antages, at malm til fremstilling af nyt bly eller zink udvindes i USA og Australien. Metalmalmen får herved et vægtet transportarbejde med skib på 36 tkm samt et transportarbejde med tog på 1 tkm (ref.3). Energiforbruget til nærtransport er skønnet til 0.4 MJ/kg.

Forarbejdning

Bly og zink anvendes primært til simpel produktion af f.eks. plader og lignende. Det skønnes derfor, at energiforbruget til forarbejdning af bly og zink er forholdsvis lille. Energiforbruget til forarbejdning skønnes til 2 MJ_e/kg til valsning til plader, hvilket resulterer i et kulforbrug på 5 MJ/kg, idet elektriciteten fremstilles på et kondenskraftværk.

Bortskaffelse

Metalkomponenterne bortskaffes efter endt brug ved deponering eller recirkulering. I Danmark vil størstedelen af de kasserede metaller blive genanvendt (ref.18). Når andelen af recirkuleret metal i nye produkter er forsvindende skyldes det, at der sker en ophobning af bly og zink, der er i anvendelse. Det er beregnet, at den energimængde, der medgår til bortskaffelse af bly er 0,4 MJ/kg (ref.3). Det antages, at denne værdi ligeledes kan anvendes for bortskaffelse af zink.

Samlet energiforbrug

Det samlede energiforbrug til fremstilling, transport, forarbejdning og bortskaffelse af bly og zink er opgjort i tabel 1.2.6.

1.2.7 Plast

Der findes utallige typer plast. Disse kan generelt inddeles i to hovedgrupper; -termoplast og hærdeplast. Sidstnævnte får den endelige form og kemiske struktur ved formpresning eller en hærdeproces. Termoplast ændres naturligvis fysiologisk, men ikke kemisk ved formgivningen.

Efter hærkning er det ikke muligt at smelte eller opløse hærdeplast. Det kan dog nedbrydes af visse kemikalier og forbrændes ved høj temperatur. Termoplast bliver derimod til en højviskos væske ved temperaturpåvirkning og kan i denne tilstand opløses i visse opløsningsmidler. Det betyder, at termoplast i modsætning til hærdeplast kan genanvendes til nye plastprodukter. Hærdeplast kan kun formales og anvendes som fyldmateriale. Termoplast er langt det mest udbredte, idet det skønnes, at der i Danmark årligt forbruges ca. 400.000 tons termoplast og 70.000 tons hærdeplast.

Det skønnes, at der i Danmark recirkuleres ca. 5-10% af den anvendte plastmængde (ref.18). Ved oparbejdning af recirkuleret plast til genanvendelse i nye plastprodukter anvendes ca. 20-30% af energimængden ved fremstilling af ny plast (ref.18).

Tabel 1.2.6 Energiforbrug ved fremstilling, transport, forarbejdning og bortskaffelse af bly og zink (ref.3)

	Energiforbrug Bly (MJ/kg)	Energiforbrug Zink (MJ/kg)
<i>Fremstilling af nyt metal</i>		
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	15,3	56,3
olie	0,9	1,2
gas	6,3	2,4
<i>Oparbejdning af rec. metal</i>		
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	0,2	
olie		
gas	1,0	
<i>I alt*</i>		
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	15,3	56,3
olie	0,9	1,2
gas	6,3	2,4
<i>Transport</i>		
Fjerntransport (olie)	7,7	7,7
Nærtransport (olie)	0,4	0,4
<i>Forarbejdning</i>		
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	5	5
<i>Bortskaffelse</i>		
olie	0,4	0,4

*) Andelen af nyt metal er 100% for både bly og zink.

Fremstilling

Råmaterialeerne til plastfremstilling udvindes af kulbrintebestanddele i olieprodukter (f.eks. nafta), der stammer fra olieraffinaderierne. Ved damp-crack'ning af nafta nedbrydes denne i ca. 30% ethylen, 15% propylen, 10% CH₄ (methangas), 20% pyrolysebenzin, 20% raffinaderigas og 5% bundprodukt. I stedet for nafta kan der anvendes raffinaderigas, butan- eller propangas eller fuelolie. De lange kulbrintekæder i råproduktet neddeles ved damp-crack'ningen til korte kulbrintekæder som ethylen og propylen, der er de vigtigste råmaterialer til plastfremstilling. Plast fremstilles herefter i fire procestrin; polymerisation, compounding, smeltning/formning og efterbehandling. Ved polymerisationen sammenkædes de enkelte plastmolekyler. Under hele procesforløbet tilsættes additiver, som er med til at bestemme f.eks. sprødhed og plasticitet af den plast, der fremstilles. Under compounding'en tilsættes yderligere additiver, således at der kan opnås en række forskellige plasttyper. Herefter foregår smeltning/formning af plasten til de ønskede komponenter, samt efterbehandling som f.eks. afgratning m.m.

Det er antaget, at energiforbruget til fremstilling af plastprodukter kan repræsenteres ved High Density-polyethylen og PVC. Endvidere er det antaget, at den mængde plast, som recirkuleres, er så lille, at der kan ses bort fra denne. PVC adskiller sig fra HD-polyethylen ved at indeholde chlorforbindelser.

I projektet arbejdes med to grupper af plast; PVC og "andet plast", hvor sidstnævnte repræsenterer de plasttyper, som ikke er chlorholdige. Det er valgt i beregningerne af energiforbrug ved oparbejdning af plast, at lade energidata for HD-polyethylen repræsentere

gruppen "andet plast", da HD-polyethylen som tidligere nævnt er den mest anvendte plasttype indenfor gruppen af ikke-chlorholdige plasttyper.

Transport

I opgørelsen af energiforbruget til transport, er transportarbejdet for den del af råprodukterne, der stammer fra et olieraffinaderi ikke medregnet, men medtaget i opgørelsen af energiforbrug ved fremskaffelse af olie. Transportarbejdet ved fremskaffelse af den supplerende olie er beregnet til ca. 0,1 MJ/kg.

Det er skønnet, at transportarbejdet ved nærtransport af alle typer plastmaterialer og produkter er 0,5 tkm/kg med tog og 0,2 tkm/kg med lastbil, hvilket ialt giver et energiforbrug på 0,6 MJ/kg.

Forarbejdning

Der er kun publiceret meget få undersøgelser, der specifikt behandler energiforbruget ved bearbejdning af plastemner. Ud fra egne undersøgelser i forbindelse med energianalyser på plastvirksomheder skønnes energiforbruget til bearbejdning at være ca. 1 kWh_e/kg, som svarer til et kulforbrug på ca. 9 MJ/kg, da energiforbruget langt overvejende dækkes af elektricitet. Energiforbruget omfatter opvarmning, ekstrudering, efterbehandling m.v. for både hærde- og termoplast.

Bortskaffelse

Det er som nævnt antaget, at alt plastaffald tilføres affaldsforbrændingsanlæg. Plast har et indre energiindhold på ca. 40 MJ/kg, der nyttiggøres ved forbrændingen. Det antages, at industrielle forbrændingsanlæg har samme kedelvirkningsgrad som fjernvarmeværker. Da de to typer værker ofte leverer til samme fordelingsnet, erstatter forbrændingen af plast en tilsvarende energimængde på fjernvarmeværkerne. Fjernvarmeværker er typisk fyret med naturgas, hvorfor der er angivet en energigevinst på 40 MJ/kg som naturgas. Den energimængde, som anvendes i forbindelse med selve bortskaffelsen til transport m.m. er skønnet til 0,1 MJ/kg.

Samlet energiforbrug

Det samlede energiforbrug til fremstilling, transport, forarbejdning og bortskaffelse af plast er opgjort i tabel 1.2.7.

Tabel 1.2.7 Energiforbrug ved fremstilling, transport, forarbejdning og bortskaffelse af plast (ref.3)

	Energiforbrug PVC (MJ/kg)	Energiforbrug Andet plast (MJ/kg)
<i>Fremstilling af plast</i>		
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	10,0	21,8
olie	11,9	9,1
gas	6,6	5,1
<i>Transport</i>		
Fjerntransport (olie)	0,1	0,1
Nærtransport (olie)	0,6	0,6
<i>Forarbejdning</i>		
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	9	9
<i>Bortskaffelse</i>		
gas	-40	-40
olie	0,1	0,1

I Boustead (ref.21) er der ligeledes foretaget en opgørelse af energiforbruget til produktion af plastmaterialer. Herfra haves, at der typisk anvendes ialt ca. 20 MJ/kg til produktion af "almindelige" plastmaterialer og ialt ca. 30 MJ/kg til produktion af opskummede plast-materialer.

1.2.8 Gummi

Siden midt i 1960'erne har der næsten udelukkende været anvendt syntetisk gummi til industrielle anvendelser. Syntetisk gummi er en termoplast (se afsnit 1.2.7) som er blød ved anvendelsestemperaturen. De elastiske egenskaber i syntetisk gummi opnås ved, at molekylekæderne holdes sammen punktvis, således at kædernes indbyrdes placering ændres ved fysisk påvirkning af materialet. Der findes utallige typer gummi, der fremstilles alt efter den anvendelse, gummi er tiltænkt. Da syntetisk gummi er en termoplast, er det muligt at smelte gummi og genanvende det til nye produkter. Problemet er blot som med "almindelig" plast, at det er svært at sortere de mange typer syntetiske gummi og dermed gøre genanvendelse mulig.

Det skønnes, at der kun recirkuleres en meget lille del af den anvendte gummimængde og at det recirkulerede gummi hovedsagelig består af brugte bildæk. Der ses derfor bort fra recirkuleret gummi i dette projekt.

Fremstilling

Råmaterialerne til fremstilling af syntetisk gummi udvindes af kulbrintebestanddele i olieprodukter på samme måde som for plast, se afsnit 1.2.7. Istedet for ethylen og propylen, der er de vigtigste råmaterialer til plastfremstilling, anvendes der f.eks. butadien, oliefiner og urethan. Fremstillingsmetoden for syntetisk gummi ligner processen for plast.

Det er antaget, at energiforbruget til fremstilling af syntetisk gummi kan repræsenteres ved gummi fremstillet af butadien. Ved fremstillingen af denne type gummi anvendes udover butadien en betydelig mængde kridt og andre tilsætningsstoffer.

Plastmaterialernes indre energi er ikke medregnet som bidrag til energiforbruget, men udelukkende som et energitilskud, hvis plasten forbrændes.

Transport

Transportarbejdet for den del af råprodukterne, der stammer fra et olieraffinaderi, er ikke medregnet i energiopgørelsen for transport, men er medtaget i opgørelsen af energiforbrug ved fremskaffelse af olie. Transportarbejdet ved fremskaffelse af den supplerende olie samt andre materialer er opgjort til 0,5 MJ/kg (ref.3). Det forholdsvis høje energiforbrug skyldes, at der indgår en række hjælpematerialer ved gummifremstilling, der har et betydeligt energiforbrug til transport.

Det er skønnet, at transportarbejdet ved nærtransport af gummimaterialer og emner er som for transport af plastprodukter.

Forarbejdning

Energiforbruget til bearbejdning af gummiemner er skønnet at være det samme som for bearbejdning af plastemner, hvor energiforbruget er ca. 1 kWh_e/kg. Dette energiforbrug svarer til et kulforbrug på ca. 9 MJ/kg, da energiforbruget langt overvejende dækkes af elektricitet. Energiforbruget omfatter opvarmning, ekstrudering, efterbehandling m.v.

Bortskaffelse

Det er som nævnt antaget, at hele gummimængden tilføres affaldforbrændingsanlæg. Gummi har et indre energiindhold på ca. 20-40 MJ/kg, der kan nyttiggøres ved forbrændingen, alt efter gummitypen. Der gælder de samme antagelser for afbrænding, forbrændingsanlæg og transport i forbindelse med bortskaffelse for gummi som for plast.

Samlet energiforbrug

Det samlede energiforbrug til fremstilling, transport, forarbejdning og bortskaffelse af gummi er opgjort i tabel 1.2.8. (ref.3).

Tabel 1.2.8 Energiforbrug ved fremstilling, transport, forarbejdning og bortskaffelse af gummi

	Energiforbrug (MJ/kg)
<i>Fremstilling af gummi</i>	
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	10,8
olie	19,8
<i>Transport</i>	
Fjerntransport (olie)	0,1
Nærtransport (olie)	0,6
<i>Forarbejdning</i>	
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	9
<i>Bortskaffelse</i>	
gas	-20 - -40
olie	0,1

1.2.9 Glas

Glas indgår kun i nogle få energibesparesesteknologier, men er medtaget i dette projekt for fuldstændighedens skyld. I projektet er der taget udgangspunkt i float-glas (plant glas), der f.eks. anvendes til vinduer samt emballageglas. De energiforbrug, der er nævnt i det følgende, kan med rimelig tilnærmelse antages at gælde generelt for glasprodukter. Glasprodukter kan inddeles i tre hovedgrupper; planglas til vinduer m.m., emballageglas (flasker m.m.) og teknisk glas.

Da der er et betydeligt energiforbrug forbundet med glasfremstilling, recirkuleres en hel del brugt glas. Det er dog stort set kun emballageglas, der recirkuleres (ref.18). Alle typer glas kan principielt recirkuleres, men det kræver en omfattende sortering, idet glasset skal sorteres i fraktioner, hvor der skelnes mellem f.eks. farve, glassets kemiske sammensætning m.v. Det umuliggør stort set genanvendelse af glas, med undtagelse af emballageglas der blot skal sorteres i farveløst og farvet glas. I dette projekt er det antaget, at der udelukkende anvendes teknisk glas, hvor hele glasmængden er nyt glas.

Fremstilling

Råmaterialeerne til fremstilling af glas er primært sand/kvarts, kalk og soda. Endvidere anvendes forskellige tilsætningsstoffer for blandt andet at give glasset den rette farve. Materialeerne bliver først formalet og blandet godt sammen, for derefter at blive smeltet i en glasovn. Når der fremstilles planglas, hældes glasmassen efter smeltningen ud af en dyse og ned i et valseværk, hvor massen vales plan. Herefter gattes glasoverfladen ved at lade den passere over et zinkbad. Til sidst bliver glasset afkølet og skåret op i passende stykker. Hvis der skal fremstilles emballageglas presses glasset til den ønskede form i en støbemaskine.

Ved smeltningen af råmaterialeerne sker der en oxidation af indholdet af kulstof, der medfører en betydelig CO₂-emission. Denne CO₂-emission er mellem 0,2 kg/kg_{glas} og 0,30 kg/kg_{glas} (ref.3, ref.18), men medregnes ikke ved beregningen af miljøbelastningen af glas (jævnfør "afgrænsning af metoden", del 1, kap. 5). Ved at anvende recirkuleret glas kunne denne CO₂-emission nedbringes betydeligt, da der i sagens natur ikke er en tilsvarende emission ved recirkuleret glas. Ved tilsætning af 35% recirkuleret glas falder emissionen til 0,18-0,20 kg/kg_{glas} og ved 70% recirkuleret glas er emissionen 0,07 kg/kg_{glas} (ref.18). Der er dog f.eks. en øvre grænse for andelen af recirkuleret glas i nyproduceret planglas på ca. 35% (ref.3).

Transport

Energiforbruget til transport af glas er vist i tabel 1.2.9.

Forarbejdning

Der foregår ingen eller kun ringe videreforarbejdning af glasprodukterne efter glasværkerne, og der ses derfor bort fra dette.

Bortskaffelse

Det er antaget, at der kan ses bort fra recirkulering af glas ved energiopgørelsen, samt at hele glasmængden tilføres deponi. Transportarbejdet i forbindelse med bortskaffelsen er skønnet til 0,1 MJ/kg.

Samlet energiforbrug

Det samlede energiforbrug til fremstilling, transport, forarbejdning og bortskaffelse af glas er opgjort i tabel 1.2.9.

Tabel 1.2.9 Energiforbrug ved fremstilling, transport, forarbejdning og bortskaffelse af glas (ref.3, ref.9)

	Energiforbrug Floatglas (MJ/kg)	Energiforbrug Emballageglas (MJ/kg)
<i>Fremstilling af glas</i>		
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	1,0	2,0
gas	7,5	5,3
<i>Transport</i>		
Fjerntransport (olie)	0,3	0,3
Nærtransport (olie)	0,5	0,5
<i>Forarbejdning</i>		
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	0,0	0,0
<i>Bortskaffelse</i>		
olie	0,1	0,1

1.2.10 Træ

Træ anvendes sjældent i forbindelse med etablering af energibesparende foranstaltninger, men er ligesom glas medtaget for fuldstændighedens skyld. Da der er meget stor forskel på energiforbruget ved fremstilling af træprodukter alt efter forarbejdningsgraden, er der i dette projekt skelnet mellem brædder og plader (f.eks. krydsfiner-plader).

Fremstilling

Brædder er fremstillet af 100% træ, mens der i pladeprodukter er ca. 3 vægtprocent lim. Træprodukterne fremstilles ved, at træet fældes og transportes til savværket. Der er et energiforbrug på 0,17 MJ/kg ved at fælde træ og transportere det til et opsamlingssted (ref.9). En anden kilde (ref.16) angiver det totale energiforbrug ved dyrkning, fældning og transport til vej til 0,18-0,48 MJ/kg, lavest for rødgran og højst for eg. I dette projekt vælges at benytte en værdi for det samlede energiforbrug til dyrkning, fældning og terræntransport på 0.3 MJ/kg.

Energiforbruget dækkes med olie og er inkluderet i energiforbruget ved fremstillingen. På savværket bliver træet enten savet op til brædder eller skåret til finer, alt efter om der skal fremstilles brædder eller plader. Hvis der fremstilles brædder, er de færdige efter opskæringen, idet brædderne dog skal tørres. Det sker enten ved lufttørring uden varmetilførsel eller i tørreovne med varmetilførsel. I dette projekt haves værdier for brædder, hvor 70% er lufttørret og 30% ovntørret (ref.3) og værdier for brædder, der alle ovntørres til et vandindhold på 20% (ref.9). De angivne værdier for træ er intervaller ud fra disse to kilder. Som det ses i tabel 1.2.10 er det af stor betydning, hvor meget træet tørres.

Når der fremstilles plader skrælles der kontinuert en tynd plade af træstammen i dennes længderetning. Disse plader limes sammen og tørres til et ret lavt vandindhold, ofte under 8-10%.

Der anvendes en betydelig varmemængde til tørring af træprodukter. Denne varmemængde produceres i stor udstrækning ved forbrænding af spildtræ fra produktionen. I dette projekt er det antaget at 85% (ref.9) af den nødvendige energimængde til varmeproduktionen tilvejebringes ved forbrænding af spildtræ. Den resterende energimængde er antaget produceret med olie.

Alle beregningerne er udført med udgangspunkt i 1 kg træ med et vandindhold på 20% leveret fra savværket. Det er vigtigt at fastlægge det sted i produktionsforløbet, hvortil energiforbruget relateres, idet ca. 30% af det fældede træ bliver til træaffald (bark, fraskær, savsmuld m.v) på savværket. Endvidere er der et træspild ved den endelige udformning af træproduktet i den energibesparende foranstaltning. En betydelig del af træspildet bliver dog i begge tilfælde enten til varme ved forbrænding eller indgår i produktionen af andre træprodukter som f.eks. spånplader.

Transport

Energiforbruget til transport af træ er vist i tabel 1.2.10. De forholdsvis lave energiforbrug til transport er et udtryk for, at træproduktion ofte sker nationalt eller i de omgivende lande.

Forarbejdning

Den videre forarbejdning af træprodukterne f.eks. ved montage af brædder eller plader giver kun anledning til et ringe energiforbrug. Derfor skønnes det, at energiforbruget til viderebearbejdning er minimalt, og at der kan ses bort fra dette. Endvidere antages, at det træspild, der opstår ved forarbejdningen, bortskaffes som beskrevet i afsnit 1.2.10.4.

Bortskaffelse

I dette projekt er det antaget, at alt træ forbrændes efter endt anvendelse eller som spildtræ fra produktionen. Træ har brændværdi på $19 \text{ MJ} - 0,214 \cdot \text{vægt\% vandindhold}$, hvilket betyder, at træ med et vandindhold på 20% svarende til tørt træ har en brændværdi på 14,7 MJ/kg. Den energimængde, der er anvendt ved tørring af træet under produktionen, er rigeligt dækket af afbrænding af overskudstræ fra opskæringen. Energiindholdet i den træmængde, som ikke udnyttes i forbindelse med varmeproduktion til tørring, er der set bort fra, idet energimængden ikke umiddelbart påvirker energiforbruget/-indholdet i de produkter, som dette projekt omhandler. Der fastsættes derfor i dette projekt en energimængde på 14,7 MJ/kg for brædder og 15,5 MJ/kg for plader, der kan nyttiggøres ved forbrænding. Energimængden er lidt højere for plader pga. limindholdet.

Der gælder de samme antagelser for afbrændingen på forbrændingsanlægget og transporten i forbindelse med bortskaffelse for træ, som for gummi og plast.

Samlet energiforbrug

Det samlede energiforbrug til fremstilling, transport, forarbejdning og bortskaffelse af træ er opgjort i tabel 1.2.10.

Tabel 1.2.10 Energiforbrug ved fremstilling, transport, forarbejdning og bortskaffelse af træ (ref.3, ref.9)

	Energiforbrug Brædder (MJ/kg)	Energiforbrug Plader (MJ/kg)
<i>Fremstilling</i>		
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	0,9* - 1,4**	2,9*
olie	0,1* - 0,6**	1,3*
træ	0,6* - 2,2**	5,7*
<i>Transport</i>		
Fjerntransport (olie)	0,1	0,1
Nærtransport (olie)	0,5	0,3
<i>Forarbejdning</i>		
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	0,0	0,0
<i>Bortskaffelse</i>		
gas	-14,3	-15,1
olie	0,1	0,1

1.2.11 Mineraluld

Der anvendes mineraluld i mange energibesparende tiltag, hvor et varmebehov skal reduceres. Ved mineraluld forstås enten stenuld, der som navnet siger er fremstillet på basis af stenmaterialer, eller glasuld, som er fremstillet af stort set samme materialer som glas. I dette projekt skelnes mellem sten- og glasuld, da energiforbruget til fremstillingen er forskelligt både i størrelse og sammensætning.

Begge typer mineraluld kan recirkuleres, således at nyt råmateriale blandes med recirkuleret materiale ved fremstillingen af nye produkter. Der er dog endnu ikke et større behov for at recirkulere mineraluld, idet levetiden af selve materialet principielt er ubegrænset, og der kun er behov for bortskaffelse i forbindelse med f.eks. ombygning eller renovering. Internt spild, sten-/glasstøv m.m. på fremstillingsvirksomhederne recirkuleres 100%, og der er således intet spild af råmaterialer.

Fremstilling

Produktionen af stenuld foregår i store træk ved, at råmateriale som er diabas (en stenart) og kalk, kontinuert tilføres en kupolovn sammen med recirkuleret materiale og koks. Det recirkulerede materiale er blandet med cement og/eller ler, der herefter er presset til briketter. Sten, kalk og recirkuleret materiale smelter i ovnen ved ca. 1.600°C under forbrænding af koksene. Det smeltede materiale tilføres et hurtigt roterende spindehjul, der slynger det smeltede materiale ud i et "uldkammer". Herved dannes selve stenuldsfibrene, der trækkes ud af kammeret i en fortløbende bane. Banetykkelsen justeres i et efterfølgende valseværk, hvorefter uldbanen passerer en hærdeovn, hvor bindemidlet (fenol-harpiks) afhærdes. Den færdige "rå" uldbane er nu klar til opskæring og pakning. Den del af produktionen, der skal anvendes til mere specielle isoleringsformål påføres f.eks. alu-folie, cement, maling, glasvæv eller lignende på den ene side, før det pakkes.

Når der fremstilles glasuld, tilføres råmateriale, der er sand, kalk, soda og borax, kontinuert til en elopvarmet smelteovn. Råmateriale tilføres i ovnens top og den færdige glasmasse udtages

ved ovns bund. Temperaturen i glassmelten er ca. 1.300°C. Recirkuleret materiale i form af internt spild m.m. tilføres sammen med nyt materiale. Efter ovnen nedkøles glassmassen til ca. 1.200°C, før den tilføres fibreringsmaskinen. I fibreringsmaskinen ledes glassmassen til indersiden af en hurtigt roterende cylinder, der er perforeret. Glassmassen presses ud af hullerne i cylinderen ved hjælp af centrifugalkraften. Herved dannes glasfibre, der trækkes ud af fibreringsmaskinen som en endeløs bane. Resten af produktionsprocessen foregår som for stenuldsproduktion.

Transport

Energiforbruget til transport af mineraluld er vist i tabel 1.2.11.

Forarbejdning

Der foregår kun ringe videreforarbejdning af mineraluldsprodukterne efter fabrikationen, hvorfor der er valgt at se bort fra energiforbruget i forbindelse med eventuel videre forarbejdning.

Bortskaffelse

Det er antaget, at mineraluldsprodukterne bortskaffes efter endt brug ved deponering. På sigt vil der sandsynligvis blive stillet krav til fabrikantene om at tage produkterne retur. Der er imidlertid endnu ikke et større behov for at sende brugt mineraluld tilbage til producenterne, idet der kun er et lille behov for bortskaffelse af mineraluld. Internt spild, sten-/glasstøv m.m. hos producenterne recirkuleres som nævnt 100%. Transportarbejdet i forbindelse med bortskaffelsen er skønnet til 0,1 MJ/kg, eller 3 MJ/m³ for stenuld og 2 MJ/m³ for glasuld.

Samlet energiforbrug

Det samlede energiforbrug til fremstilling, transport, forarbejdning og bortskaffelse af mineraluld er opgjort i tabel 1.2.11. Energiforbruget er opgjort som MJ/m³, da isoleringsevnen af mineraluld primært afhænger af tykkelsen af isoleringen og sekundært af vægten.

Tabel 1.2.11 Energiforbrug ved fremstilling, transport, forarbejdning og bortskaffelse af mineraluld (ref.3, ref.19)

	Energiforbrug Stenuld* (MJ/m ³)	Energiforbrug Glasuld** (MJ/m ³)
<i>Fremstilling</i>		
koks	168	0
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	84	121
olie	72	0
gas	3	102
<i>Transport</i>		
Fjerntransport (olie)	3	2
Nærtransport (olie)	6	4
<i>Forarbejdning</i>		
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	0	0
<i>Bortskaffelse</i>		
olie	3	2

1.2.12 Bygninger

Energiforbruget til opførelse af nye bygninger er medtaget i dette projekt, fordi det i visse tilfælde kan blive nødvendigt at udvide eller opføre en bygning.

Fremstilling

Bygninger er sammensat af et meget stort antal forskellige materialer, som beton, mursten, metal, træ, plastik, maling m.m. I nye bygninger består langt størstedelen vægtemæssigt af beton, mursten samt sten og grus. Energimæssigt udgør materialerne beton (19%), mursten (13%), metal (30%), træ (9%), mineraluld (9%) og plastik (10%) tilsammen 90% af det samlede energiforbrug til nye bygninger (ref.20). Energiforbruget ved opførelse af nye bygninger er beregnet (ref.20) til ca. 1.544 MJ/m². I tabel 1.2.12 er der givet et skøn over fordelingen af energiforbruget på energikilder. Energiforbrugene inkluderer udvinding og fremstilling af råmaterialerne, transport af råmaterialerne til fabrikkerne samt procesenergien på fabrikkerne.

Transport

I opgørelsen af energiforbruget til transport indgår et skøn over den energi, der medgår til transport af byggematerialer til byggepladserne.

Forarbejdning

Det skønnes, at det anvendte energiforbrug til videreforarbejdning af byggematerialerne er meget ringe, og at der kan ses bort fra dette.

Bortskaffelse

Det er antaget, at byggematerialerne bortskaffes efter endt brug ved deponering. Det skønnes, at transportarbejdet udgør langt det største energiforbrug ved bortskaffelsen. Transportarbejdet i forbindelse med bortskaffelsen er skønnet til 0,1 MJ/kg, eller 100 MJ/m².

Nogle af de materialer, der anvendes ved opførelsen af en bygning, har et indre energiindhold, der kan nyttiggøres ved forbrænding. Det kan beregnes, at en bygning har et indre energiindhold på 0,5 MJ/kg eller 500 MJ/m² svarende til 32% af den anvendte energi ved opførelsen. Energiindholdet skyldes primært træindholdet på ca. 2.5% af bygningsvægten.

Samlet energiforbrug

Det samlede energiforbrug til fremstilling, transport, forarbejdning og bortskaffelse af bygninger er opgjort i tabel 1.2.12. Energiforbruget er opgjort som MJ/m², da det normalt er antallet af m², der er kendt og ikke bygningsvægten.

Tabel 1.2.12 Energiforbrug ved opførelse af bygninger

	Energiforbrug (MJ/m ²)
<i>Fremstilling af bygninger</i>	
kul (elforbrug omregnet til kulforbrug)	914
olie	449
gas	181
<i>Transport (olie)</i>	200
<i>Forarbejdning</i>	0
<i>Bortskaffelse</i>	
olie	200
gas	-500

1.3 Samlet energiopgørelse for materialer

Det totale energiforbrug ved fremstilling, forarbejdning og transport af 1 kg af de respektive materialer, fremgår af tabel 1.3.1.

Tabel 1.3.1 Totalt energiforbrug ved 1 kg materiale

	Koks (MJ/kg)	Kul (MJ/kg)	Olie (MJ/kg)	Naturgas (MJ/kg)	Træ (MJ/kg)	Energiforbrug ialt (MJ/kg)
Stål	1,6	14,1-20,7	4,9-8,2	0,1	0	20,7-30,6
Støbejern	7,4	10,6	18,2	0,1	0	36,3
Aluminium	0	23,1-31,5	8-11,4	1,4-2,9	0	32,5-45,8
Kobber	3,0	45,1	13,6	16,5	0	78,2
Bly	0	20,3	9,0	6,3	0	35,6
Zink	0	61,3	9,3	2,4	0	73
HD-polyethylen	0	30,8	9,8	5,1	0	45,7
PVC	0	19	12,6	6,6	0	38,2
Gummi	0	19,8	20,5	0	0	40,3
Float-glas	0	1,0	0,8	7,5	0	9,3
Emballageglas	0	2,0	0,8	5,3	0	8,1
Træbrædder	0	0,9-1,4	0,5-1,0	0	0,6-2,2	2,0-4,6
Træplader	0	2,9	1,4	0	5,7	10,0

For isoleringsmaterialeme opgives energiforbruget pr. m^3 , tabel 1.3.2, mens energiforbruget for nybygning opgives pr. m^2 som angivet i tabel 1.3.3.

Tabel 1.3.2 Totalt energiforbrug ved 1 m^3 isoleringsmateriale

	Koks (MJ/ m^3)	Kul (MJ/ m^3)	Olie (MJ/ m^3)	Naturgas (MJ/ m^3)	Træ (MJ/ m^3)	Energiforbrug ialt (MJ/ m^3)
Stenuld	168	84	81	3	0	336
Glasuld	0	121	6	102	0	229

Tabel 1.3.3 Totalt energiforbrug ved 1 m^2 bygning

	Koks (MJ/ m^2)	Kul (MJ/ m^2)	Olie (MJ/ m^2)	Naturgas (MJ/ m^2)	Træ (MJ/ m^2)	Energiforbrug ialt (MJ/ m^2)
Nybygning	0	914	449	181	0	1,544

2. Miljøopgørelse

2.1 Energirelaterede luftemissioner ved materialefremskaffelse

De energirelaterede luftemissioner er beregnet ud fra energiforbruget. I foregående kapitel blev forudsætningerne for energiproduktion ved forskellige energikilder gennemgået. Ydermere blev energiforbruget ved oparbejdning af forskellige materialer gennemgået. Der ligger samme forudsætninger til grund for beregningerne af de energirelaterede emissioner som for energiproduktionen og beregningerne af energiforbrugene ved oparbejdning af materialer.

Ved beregning af luftemissioner som følge af energiforbrug er "Inventory of Emissions to the Air from Danish Sources, 1972-1992" (ref.17) anvendt som kildemateriale.

2.1.1 Energirelaterede luftemissioner ved materialefremstilling

På basis af gennemgangen af materialefremstillingen i kapitel 1 kan fremstillingen af de forskellige materialer opgøres til primært at foregå ved følgende processer:

- Koksfyrede højovne
- Kulfyret kondenskraftværk
- Termisk energi på basis af fuelolie
- Termisk energi på basis af naturgas

Med udgangspunkt i disse processer er der benyttet følgende emissionsfaktorer for fremstillingsprocesserne:

Tabel 2.1.1 Emissionsfaktorer for fremstillingsprocesserne (ref.17)

	SO ₂ (kg/GJ)	NO _x (kg/GJ)	CO ₂ (kg/GJ)	N ₂ O (kg/GJ)	CH ₄ (kg/GJ)	NMVOC (kg/GJ)	CO (kg/GJ)
elproduktion, kul	0,714	0,400	95,0	0,003	0,0015	0,0015	0,010
forbrænding i industri, koks	0,68	0,200	102,00	0,003	0,0015	0,0015	0,097
fjernvarme, gasolie	0,094	0,100	74,00	0,002	0,0015	0,0015	0,012
fjernvarme, naturgas	0,0003	0,150	56,90	0,001	0,0040	0,0040	0,013

2.1.2 Energirelaterede luftemissioner ved materialeforarbejdning

Forarbejdning af materialerne er i kapitel 1 opgivet til hovedsageligt at foregå ved benyttelse af el produceret på et kulfyret kondensværk eller ved varme produceret på et oliefyret fjernvarmeværk eller industriel kedel. Emissionsfaktorerne angivet i tabel 2.1.2 benyttes.

Tabel 2.1.2 Emissionsfaktorer for forarbejdningsprocesserne (ref.17)

	SO ₂ (kg/GJ)	NO _x (kg/GJ)	CO ₂ (kg/GJ)	N ₂ O (kg/GJ)	CH ₄ (kg/GJ)	NMVOC (kg/GJ)	CO (kg/GJ)
elproduktion, kul	0,714	0,400	95,0	0,003	0,0015	0,0015	0,010
varmeproduktion, olie	0,094	0,100	74,00	0,002	0,0015	0,0015	0,012

2.1.3 Energirelaterede luftemissioner ved materialetransport

I forbindelse med transport af rå- og hjælpestoffer er det antaget, at den internationale transport (fjerntransport) foretages med skib og tog, mens den nationale transport (nærtransport) foregår med dieseldrevne tog og i et lille omfang med lastbil.

Ved opgørelsen af emissioner i forbindelse med transport af materialerne er det for at begrænse mængden af data imidlertid valgt ikke at skelne mellem nær- og fjerntransport. Transport af materialerne antages derfor hovedsageligt at foregå som fjerntransport med skib, hvorfor emissionsfaktorerne for dieselolie pr skib benyttes.

Tabel 2.1.3 Emissionsfaktorer for skibstransport (ref.17)

	SO ₂ (kg/GJ)	NO _x (kg/GJ)	CO ₂ (kg/GJ)	N ₂ O (kg/GJ)	CH ₄ (kg/GJ)	NMVOC (kg/GJ)	CO (kg/GJ)
skib, dieselolie	0,468	1,382	74,0	0,003	0,0019	0,0613	0,446

2.1.4 Energirelaterede luftemissioner ved fremskaffelse af 1 kg materiale

Ved benyttelse af de i kapitel 1 gennemgåede energiforbrug og tilsvarende emissionsfaktorer (tabel 2.1.1-2.1.3) fås følgende emissionsopgørelse ved fremstilling, forarbejdning og transport af 1 kg materiale, tabel 2.1.4.

Tabel 2.1.4 Emissionsopgørelse pr kg materiale fremstillet, transporteret og forarbejdet

	SO ₂ (g)	NO _x (g)	CO ₂ (g)	N ₂ O (g)	CH ₄ (g)	NMVOC (g)	CO (g)
Stål	12,06-17,09	8,00-10,97	1871-2742	0,06-0,08	0,03-0,05	0,10-0,12	0,88-0,98
Støbejern	14,76	9,09	3114	0,09	0,06	0,13	1,56
Aluminium	17,62-23,94	11,53-15,46	2866-4001	0,09-0,12	0,05-0,08	0,11-0,14	0,78-0,92
Kobber	35,79	23,37	6536	0,19	0,16	0,20	1,42
Bly	18,37	20,35	2953	0,09	0,07	0,55	3,91
Zink	47,67	36,19	6648	0,21	0,12	0,60	4,27
PVC	15,01	10,75	3113	0,09	0,07	0,12	0,73
Andet plast	23,18	14,96	3941	0,12	0,08	0,12	0,80
Gummi	16,32	10,87	3398	0,10	0,06	0,10	0,75
Float-glas	1,09	2,63	581	0,01	0,03	0,08	0,46
Emb-glas	1,80	2,70	551	0,01	0,03	0,07	0,45
Træbrædder	0,85-1,30	1,00-1,46	184-431	0,01-0,02	0,02-0,07	0,05-0,13	0,28-0,55
Træplader	2,49	2,55	961	0,03	0,19	0,30	1,13

Emissionerne for isoleringsmaterialer opgives pr. m³ isoleringsmateriale, tabel 2.1.5, mens emissionerne i forbindelse med nybygning opgives pr. m² bygning som angivet i tabel 2.1.6.

Tabel 2.1.5 Emissionsopgørelse pr m³ materiale fremstillet, transporteret og forarbejdet

	SO ₂ (g)	NO _x (g)	CO ₂ (g)	N ₂ O (g)	CH ₄ (g)	NMVOC (g)	CO (g)
Stenuld	6,17	2,91	1043	0,03	0,02	0,03	0,74
Glasuld	5,07	4,04	1008	0,03	0,03	0,05	0,28

Tabel 2.1.6 Emissionsopgørelse pr m² materiale fremstillet, transporteret og forarbejdet

	SO ₂ (g)	NO _x (g)	CO ₂ (g)	N ₂ O (g)	CH ₄ (g)	NMVOC (g)	CO (g)
Nybygning	695	438	130355	3,82	2,77	2,77	16,88

2.2 Energirelaterede luftemissioner ved materialebortskaffelse

Ved bortskaffelse af den energibesparende foranstaltning vil materialerne blive transporteret fra virksomheden til depot, affaldsforbrænding eller Kommunekemi, afhængig af hvilke materialer den energibesparende foranstaltning er sammensat af. Der vil således ved bortskaffelse af den energibesparende foranstaltning fremkomme luftemissioner, der kan relateres til energiforbruget, ved transport af materialet samt ved en eventuel forbrænding af materialet.

2.2.1 Energirelaterede luftemissioner ved materialetransport

Transport af materialerne er antaget at foregå med dieseldrevet lastvogn. Følgende emissionsfaktorer benyttes:

Tabel 2.2.1 Emissionsfaktorer for vejtransport (ref.17)

	SO ₂ (kg/GJ)	NO _x (kg/GJ)	CO ₂ (kg/GJ)	N ₂ O (kg/GJ)	CH ₄ (kg/GJ)	NMVOC (kg/GJ)	CO (kg/GJ)
lastvogn, dieselolie	0,094	0,98	74,0	0,003	0,0063	0,1983	1,006

Med et energiforbrug på 1,7 MJ/tonkm for lastvogne fås følgende emissioner pr. tonkm, tabel 2.2.2.:

Tabel 2.2.2 Emissioner ved transport pr ton materiale transporteret 1 km

	SO ₂ (g/tkm)	NO _x (g/tkm)	CO ₂ (g/tkm)	N ₂ O (g/tkm)	CH ₄ (g/tkm)	NMVOC (g/tkm)	CO (g/tkm)
Lastbils-transport	0,160	1,666	125,8	0,005	0,011	0,3371	1,710

2.2.2 Energirelaterede luftemissioner ved materialeforbrænding

Plast, gummi og træ antages at have et energiindhold, der kan tilgodeses ved forbrænding på affaldsforbrændingsanlæg. Plast og gummi forbrændes sammen med andet affald på forbrændingsanlæg, og det er disse emissionsfaktorer, der benyttes i projektet, da det ikke er muligt at fremskaffe emissionsdata udelukkende for forbrænding af plast og gummi. For forbrænding af træ benyttes emissionsfaktorerne for fjernvarme på basis af biomasse. Følgende emissionsfaktorer benyttes således:

Tabel 2.2.3 Emissionsfaktorer for forbrænding (ref.17)

	SO ₂ (kg/GJ)	NO _x (kg/GJ)	CO ₂ (kg/GJ)	N ₂ O (kg/GJ)	CH ₄ (kg/GJ)	NMVOC (kg/GJ)	CO (kg/GJ)
affaldsforbrænding	0,09	0,150	117,0	0,004	0,0060	0,0090	2,188
fjernvarme, biomasse	0,025	0,130	102,0	0,004	0,0320	0,0480	0,160

Ved at tilskrive plast, gummi og træ de energiindhold, der er angivet i kapitel 1 under disse materialer i tabel 1.2.7, tabel 1.2.8 og tabel 1.2.10, fås følgende emissioner ved forbrænding af 1 kg materiale:

Tabel 2.2.4 Emissioner ved affaldsforbrænding af 1 kg materiale

	SO ₂ (g/kg)	NO _x (g/kg))	CO ₂ (g/kg)	N ₂ O (g/kg)	CH ₄ (g/kg)	NMVOC (g/kg)	CO (g/kg)
PVC	3,6	6	4680	0,16	0,24	0,36	87,52
Andet plast	3,6	6	4680	0,16	0,24	0,36	87,52
Gummi	1,8-3,6	3-6	2340-4680	0,08-0,16	0,12-0,24	0,18-0,36	43,76-87,52
Træbrædder	0,377	2,009	0*	0,059	0,471	0,725	2,453
Træplader	0,387	2,061	0*	0,061	0,484	0,745	2,517

* Ved forbrændingen af træ fremkommer en CO₂ emission. Denne CO₂ emission ses der imidlertid bort fra, idet den absorberes igen når træ vokser op påny. Det antages således, at afbrændingen af træ er CO₂ -neutral.

3. Referencer

1. *Statistisk årbog 1993 og statistisk ti-årsoversigt*. Danmarks Statistik, 1993.
2. *Ti-årsoversigt, Status og tendenser*. Danske Elværkers Forening, 1994.
3. *Ökoinventare für Energiesysteme*. ENET, 1994.
4. *Livsforløbsanalyser af decentrale kraftvarmeværker*. Buhl Pedersen, P., dk-TEKNIK, 1991.
5. *Emission af drivhusgasser i Danmark 1975-90 med særligt henblik på energisektorens bidrag*. Haaland, T., DTU, Fysisk Lab. III, 1992.
6. *Fundamentals of Energy Storage*. Jensen & Sørensen, 1984.
7. *Omkostningsopgørelse for miljøeksternaliteter i forbindelse med energiproduktion*. RISØ-R-770(DA). Meyer, H. (et al.), Forskningscenter Risø, 1994.
8. *Input-output tabeller og analyser*. Danmarks Statistik, 1986.
9. *Packaging and the Environment*. SOU 1991:77, Chalmers.
10. *Statistiske efterretninger 1990:8 Industri og energi*. Danmarks Statistik.
11. *Statistiske efterretninger 1992:9 Industri og energi*. Danmarks Statistik.
12. *Elforbruget i industrien*. Johansson, M., Weel Hansen, M., Pedersen, T., 1990.
13. *Industrien som varmekunde*. Johansson, M., Weel Hansen, M. & Pedersen, T., dk-TEKNIK, 1988.
14. *Maskin ståbi*. Krex, H.E., Teknisk Forlag, 6. udgave, 1986.
15. *Livsforløbsanalyse af stål i forskellige anvendelsessituationer*. Rapport nr. 10/1991, Miljøstyrelsen, 1991.
16. *Miljøforhold ved træbaserede produkter*. Rapport nr. 3/1993, Miljøstyrelsen, 1993.
17. *Inventory of Emissions to the Air from Danish Sources, 1972-1992*. Fenhann, J., Kilde, N. A., Forskningscenter Risø, 1994.
18. *Livscyklusmodel til vurdering af nye materialer. Metoder, vurderingsgrundlag og fremgangsmåde*. Schmidt, A., Christiansen, K., Pommer, K. (eds.), dk-TEKNIK, 1994. Det Materiale teknologiske Udviklingsprogram,
19. Personlig samtale med Glasuld A/S, 1995.
20. *Data needed for environmental assessment of building projects*. Statens Byggeforskningsinstitut, 1994.
21. *Ecobalance methodology for commodity thermoplastics*. Boustead, I., European Centre for Plastics in the Environment, Brussels, 1992.

Title and authors(s)

Life Cycle Assessment of Energy Savings in the Industry

Lotte Schleisner, Søren Draborg, Jørgen Hvid,
Preben Buhl Pedersen, Therese Ib Andersen

ISBN		ISSN	
87-550-2086-0		0106-2840	
Dept. or group		Date	
Systems Analysis Department		September 1995	
Groups own reg. number(s)		Project/contract no.(s)	
ESY 03950.01		ENS nr. 1753/94-0003	
Pages	Tables	Illustrations	References
183	96	9	52

Abstract (Max. 2000 characters)

The main objective of the project was to develop a methodology to assess energy savings in the industry. The project has been carried out in collaboration between Risø National Laboratory and Danish Energy Analysis.

The methodology, which has been developed, can be used to assess the effects of the introduction of a new energy saving technology in the industry regarding energy, environment, work environment and economy. The methodology has been developed as a difference model. In this way it is the differences in energy consumption etc., which are estimated for the reference technology and the energy saving technology.

The methodology which has been developed during the project has been tested by a firm, which had to decide between two available technological solutions.

Descriptors INIS/EDB

ECONOMICS; ENERGY CONSERVATION; ENERGY CONSUMPTION;
HEAT RECOVERY; INDUSTRY; LIFE-CYCLE COST; POLLUTION ABATEMENT;
TECHNOLOGY ASSESSMENT; VENTILATION SYSTEMS

Available on request from Information Service Department, Risø National Laboratory
(Afdelingen for Informationsservice, Forskningscenter Risø), P.O. Box 49,
DK-4000 Roskilde, Denmark
Telephone (+45) 46 77 46 77, ext. 4004
Telex 43 116 · Telefax (+45) 46 75 56 27